

ÉCHOUAGES DE SARGASSES DANS LES ANTILLES FRANÇAISES : ANALYSE SOCIO-ENVIRONNEMENTALE ET  
RECOMMANDATIONS QUANT À LA GESTION DU PHÉNOMÈNE

Par Laura Demarets

Essai présenté au Centre universitaire de formation  
en environnement et développement durable en vue  
de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.)

Sous la direction de Marc Lucotte

MAÎTRISE EN ENVIRONNEMENT  
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Mars 2020

## SOMMAIRE

Mots-clés : sargasses, gyre océanique, algue, échouage, Antilles françaises, déboisement, risques sanitaires, outil de gestion.

Les sargasses sont des algues flottantes naturellement présentes dans le gyre océanique de l'Atlantique Nord, une zone de convergence des courants marins qui circonscrit la Mer des Sargasses. Pour la première fois en 2011, des échouages massifs d'algues sargasses affectent toutes les îles de l'arc antillais, dont la Martinique et la Guadeloupe, départements français. Il en résulte des impacts néfastes sur la faune et la flore ainsi que sur le tourisme et la pêche, piliers de l'économie locale. L'amoncellement de sargasses sur les littoraux entraîne leur dégradation, qui libère de l'hydrogène sulfuré et de l'ammoniac, des gaz toxiques aux effets néfastes pour la santé des populations environnantes. Face à cette problématique récurrente, le gouvernement français a mis en place des politiques publiques pour anticiper les échouages et prévoir les opérations de ramassages.

L'objectif principal de cet essai est donc d'analyser de façon critique la gestion du phénomène d'échouages de sargasses en Martinique et en Guadeloupe et d'émettre des recommandations. Pour cela, les causes et les conséquences de ces échouages sont d'abord explorées. En effet, une compréhension globale du phénomène est nécessaire afin de pouvoir intégrer les différents enjeux de la problématique. Ensuite, le mode de gestion actuelle est décrit, et les différentes étapes de planification (surveillance, ramassage et stockage) sont détaillées pour comprendre les acteurs, les parties prenantes, les outils et les actions engagés. Finalement, l'étude de la situation actuelle dans les Antilles françaises permet de dégager des pistes de réflexion. Des recommandations concernant les outils de planification, l'approche budgétaire, les méthodes de ramassage privilégiées ainsi que le soutien financier aux populations impactées sont émises en vue d'améliorer les pratiques de gestion actuelle. Deux collectifs citoyens ont été contactés afin d'obtenir des réponses quant aux actions concrètement mises en place au niveau local. Cet échange a permis de révéler des lacunes importantes dans la gestion actuelle du phénomène. De ce fait, une réflexion poussée proposant des actions novatrices et audacieuses pour pallier ce problème vient accompagner ces recommandations. Compte tenu de la récurrence anticipée de la situation problématique, les autorités compétentes devraient envisager la relocalisation des populations fortement touchées par les échouages de sargasses en rachetant les terrains à proximité des lieux d'échouages en vue d'y bannir le développement.

## REMERCIEMENTS

La rédaction d'un essai demeure un processus long et périlleux. Néanmoins dans mon cas, j'ai eu la chance de travailler sur un projet qui m'a passionnée et qui conclut pour moi de la plus belle des manières mon cursus universitaire entamé il y a 5 ans.

Je me dois d'abord de remercier mon directeur d'essai Marc Lucotte. Sa bienveillance et sa bonne humeur m'ont accompagnée tout au long de ma rédaction. Merci pour tes commentaires, ton soutien et merci de m'avoir donné l'envie de travailler sur une problématique océanique.

Merci également à Geneviève Desroches et Judith Vien qui nous ont accompagnés, mon directeur et moi, dans la planification de ce travail en répondant à nos questions.

Je remercie également l'espace de rédaction Thèsez-Vous. C'est entre ces murs que je suis parvenue à rédiger mon essai. Cet environnement chaleureux m'a permis de tenir bon lorsque j'avais des doutes.

Finalement merci à mon cher et tendre, mon compagnon de vie, de m'avoir aidée à passer au travers de ce long périple de rédaction.

## TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION .....	1
1 MISE EN CONTEXTE .....	4
1.1 Une mer atypique .....	4
1.2 Des phénomènes physiques à l'origine de leur présence .....	5
1.3 Des algues étudiées depuis plusieurs années.....	7
2 LES CAUSES DE CES ÉCHOUAGES RÉCENTS .....	8
2.1 L'historique des échouages.....	8
2.2 Les facteurs en causes .....	8
2.2.1 Une nouvelle zone d'accumulation de sargasses.....	8
2.2.2 Un apport en nutriments.....	11
2.2.3 L'influence des courants marins.....	13
3 LES CONSÉQUENCES DES ÉCHOUAGES DE SARGASSES DANS LES ANTILLES FRANÇAISES.....	15
3.1 Conséquences sanitaires.....	15
3.2 Conséquences environnementales.....	17
3.2.1 En mer, à proximité du rivage .....	17
3.2.2 À terre, sur les plages .....	19
3.3 Conséquences économiques .....	20
3.3.1 La pêche.....	20
3.3.2 Le tourisme .....	20
3.3.3 Les biens des particuliers.....	21
3.3.4 Les investissements et les coûts des parties prenantes.....	22
4 LA GESTION DU PHÉNOMÈNE .....	23
4.1 Une implication de l'État français dans la problématique des échouages .....	23
4.1.1 Le statut juridique des collectivités d'outre-mer de Martinique et de Guadeloupe .....	23
4.1.2 Les mesures de l'État français .....	23



4.1.3	Le plan national de lutte contre les sargasses.....	25
4.1.4	Le soutien de l'Union européenne .....	26
4.2	La mise en place des moyens au niveau local et national .....	26
4.2.1	La surveillance et l'alerte.....	26
4.2.2	Le ramassage et les dispositifs de collecte .....	27
4.2.3	Le stockage et la valorisation .....	30
4.2.4	L'évaluation des risques sanitaires et le suivi.....	32
4.2.5	L'aide aux entreprises et aux citoyens .....	32
4.2.6	Les plans d'organisation à l'échelle locale.....	33
4.2.7	Les mesures de financement.....	34
5	ANALYSE CRITIQUE DE LA GESTION DU PHÉNOMÈNE ET RECOMMANDATIONS.....	35
5.1	Recommandations d'actions à l'échelle locale et nationale.....	35
5.1.1	Mettre en place des outils de gouvernance et des cibles mieux définis.....	35
5.1.2	Établir une nouvelle approche budgétaire.....	37
5.1.3	Favoriser la collecte en proche côtier et la pose de barrages .....	38
5.1.4	Accompagner financièrement les habitants touchés.....	39
5.1.5	Favoriser la coopération régionale et internationale.....	40
5.2	Les sargasses : un phénomène inéluctable ? .....	41
5.2.1	Un phénomène aux causes anthropiques et naturelles voué à durer .....	42
5.2.2	Les limites du mode de gestion actuelle .....	44
5.2.3	De nouvelles solutions à envisager.....	47
	CONCLUSION .....	50
	RÉFÉRENCES .....	52
	ANNEXE 1 : ACTEURS ET CHAMPS DE COMPÉTENCES DANS LA PROBLÉMATIQUE DES SARGASSES .....	61
	ANNEXE 2 : SEUILS H <sub>2</sub> S ET NH <sub>3</sub> : EFFETS SANITAIRES ET MESURES DE GESTION ASSOCIÉES.....	63
	ANNEXE 3 : RÉPONSES DU COLLECTIF SOS SARGASSES – MARTINIQUE.....	64

ANNEXE 4 : RÉPONSES DU COLLECTIF ANTI-SARGASSES DE MARIE GALANTE, GUADELOUPE.....	67
---	----

## LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1.1 Situation géographique de la mer des Sargasses .....	4
Figure 1.2 Aérocystses de sargasses .....	5
Figure 1.3 Principes de formation d'un gyre océanique .....	6
Figure 1.4 Déplacement des sargasses dans le golfe du Mexique .....	7
Figure 2.1 Observation satellite avec l'indice de chlorophylle maximale (ICM) de MERIS 2005 - 2011.....	9
Figure 2.2 Emplacement de la nouvelle zone d'accumulation des sargasses ainsi que des lieux d'échouages en 2011 .....	10
Figure 2.3 Distribution des sargasses dans l'océan Atlantique en juillet entre 2011 et 2018 .....	11
Figure 2.4 Les principaux courants du système atlantique tropical.....	13
Figure 3.1 Décomposition d'algues sargasses.....	15
Figure 3.2 Fiche toxicologique du sulfure d'hydrogène ou hydrogène sulfuré H <sub>2</sub> S .....	16
Figure 3.3 Banc de sargasses en mer.....	17
Figure 3.4 Accumulation de sargasses dans une mangrove.....	18
Figure 3.5 Tortue prisonnière de sargasses .....	19
Figure 4.1 Brigade verte en Martinique. ....	28
Figure 4.2 Barrage flottant dans la commune du Robert en Martinique.....	29
Figure 4.3 Épandage de sargasses sur des terrains désignés. ....	30
Tableau 4.1 Objectifs et mesures gouvernementaux annoncés en juin 2018 .....	24
Tableau 4.2 Méthodes de collecte selon la configuration côtière .....	29

## LISTE DES ACRONYMES, DES SYMBOLES ET DES SIGLES

ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
AEC	Association des États de la Caraïbe
ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail
ARS	Agence régionale de santé
CAR	Centre d'activité régionale
CCI	Chambre de commerce et d'industrie
DEAL	Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
ENVISAT	<i>Environment satellite</i>
EPCI	Établissements publics de coopération intercommunale
ESA	<i>European space Agency</i>
FAI	Indice d'algues flottantes
FEDER	Fonds européen de développement régional
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
H <sub>2</sub> S	Hydrogène sulfuré ou sulfure d'hydrogène
HCSP	Haut conseil de la santé publique
ICM	Indice de chlorophylle maximale
INRS	Institut national de la recherche scientifique
IPCC	Intergovernmental panel on climate change
km	Kilomètre
MERIS	<i>Medium resolution imaging spectrometer</i>
MODIS	<i>Moderate resolution imaging spectroradiometer</i>
NBCR	<i>North Brazil current retroflexion</i>
NEC	<i>North equatorial current</i>
NECC	<i>North equatorial counter current</i>
NERR	<i>North equatorial recirculation region</i>
NH <sub>3</sub>	Ammoniac
nm	Nanomètre
ONU	Organisation des Nations Unies
ORSEC	Organisation de la réponse de sécurité civile
PCS	Plans communaux de sauvegarde
PIB	Produit intérieur brut
ppm	Parties par millions
RUP	Région ultrapériphérique
SEC	<i>South equatorial current</i>
SPAW	<i>Specially protected areas and wildlife</i> (protocole)
SST	<i>Sea surface temperature</i>
UVED	Université virtuelle de l'environnement et du développement durable

## INTRODUCTION

Systèmes complexes qui fournissent des services essentiels au maintien de la vie sur Terre, les océans couvrent 71 % de la surface du globe (Bindoff et al., 2019; Plateforme Océan et Climat, 2019). Ils constituent le plus grand écosystème au monde et jouent un rôle clé dans la régulation du climat. Les océans représentent également une ressource économique majeure grâce à la pêche, la production d'énergie, le tourisme ou encore le transport de marchandises (Bindoff et al., 2019). Ils occupent une place centrale dans nos sociétés humaines puisque 30 % de la population mondiale vit à moins de 100 km des côtes (Plateforme Océan et Climat, 2019). Cependant, ils sont aujourd'hui affectés par les activités humaines et subissent des bouleversements qui menacent leur équilibre. Les changements climatiques, dont la responsabilité des humains n'est plus à prouver, ont un effet manifeste sur les océans et posent des risques pour les écosystèmes et les populations humaines. La publication d'un rapport spécial « l'Océan et la Cryosphère dans le contexte du changement climatique » par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) en septembre 2019 révèle des impacts à tous les niveaux du réseau alimentaire océanique ainsi que sur les écosystèmes marins et les populations qui en dépendent (Bindoff et al., 2019).

En 1992, la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement a permis de reconnaître la vulnérabilité des États insulaires face à la variabilité du climat et à l'élévation du niveau marin (Organisation des Nations Unies [ONU], 1992). En effet, les États insulaires sont parmi les espaces les plus sévèrement touchés et leurs moyens d'action sont souvent limités (Bouchard, Marrou, Plante, Payet et Duchemin, 2011). Les perturbations environnementales que subissent les océans sont visibles sur les infrastructures, les ressources des zones côtières, mais aussi la biodiversité de ces États. De plus, les secteurs économiques de ces îles sont fortement susceptibles d'être impactés alors que les préoccupations sont de plus en plus grandes en ce qui concerne la possibilité d'un impact sur la santé humaine (Bouchard et al., 2011; GIEC, 2014).

Les territoires insulaires français de Guadeloupe et Martinique, situés dans les Petites Antilles, font partie de la liste des îles impactées par les bouleversements climatiques et océaniques de notre époque (Université Virtuelle de l'Environnement et du Développement Durable [UVED], 2016). Alors que la montée des eaux et les phénomènes météorologiques extrêmes menacent déjà ces territoires, de nouvelles perturbations environnementales sont apparues ces dernières années. Depuis 2011, ces îles

subissent des échouages de sargasses, des algues rougeâtres, qui arrivent du large et s'accumulent en grande quantité sur les littoraux ce qui entraîne des impacts économiques, écologiques et sanitaires. Face à cette problématique récente, des politiques publiques sont mises en œuvre pour tenter d'endiguer ce fléau (Ministère de l'Intérieur, Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, Ministère des Solidarités et de la Santé, Ministère des Outre-mer et Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, 2018).

L'objectif principal de cet essai est d'analyser de façon critique la gestion du phénomène d'échouages de sargasses en Martinique et en Guadeloupe. Bien que les échouages de sargasses touchent un grand nombre d'îles et de pays de la mer des Caraïbes (Mexique, République dominicaine et Floride), cet essai traite uniquement de la problématique en Martinique et en Guadeloupe. De manière plus spécifique, ce travail détaille d'abord les différents facteurs en cause dans ce phénomène et décrit les conséquences de ces échouages dans ces deux îles. Ensuite, les mécanismes de gestion du phénomène sont énoncés en définissant les moyens mis en œuvre, les actions planifiées, les outils d'intervention, les acteurs et les parties prenantes. Finalement, ce travail présente des recommandations ainsi qu'une réflexion sur le mode de gestion et d'adaptation actuel face aux échouages massifs de sargasses en Martinique et Guadeloupe. L'aspect socio-environnemental de la problématique est au cœur de la réflexion afin d'induire des changements drastiques dans les prises de décision aux vues des impacts sanitaires sur les populations riveraines à la suite de ces échouages.

Le présent essai est construit en cinq chapitres. Le premier chapitre constitue une mise en contexte qui présente la biologie des sargasses, leur répartition naturelle, les phénomènes physiques qui déterminent leur position ainsi que les différentes études et observations qui ont été faites à leur sujet. Le chapitre 2 présente l'historique des échouages de sargasses ainsi que les causes de ces dernières. Le troisième chapitre présente les conséquences d'ordre sanitaire, écologique et économique afin de mesurer l'ampleur du phénomène et ses répercussions localement. Au quatrième chapitre, le mode de gestion des échouages de sargasses en Martinique et en Guadeloupe est présenté. Les moyens mis en place au niveau local et national sont détaillés selon les grandes étapes de gestion et d'organisation. Enfin, le cinquième chapitre présente une analyse critique et des pistes de solution face à cette problématique complexe.

Le contenu de ce travail est basé sur une compilation d'informations diversifiées. Les sources utilisées sont principalement des études scientifiques qui se sont penchées sur la problématique pour en comprendre

les causes ainsi que des publications gouvernementales qui décrivent les modes de gestion mis en place au niveau local et national. Des sources complémentaires issues d'articles de périodiques, de revues et de journaux sont utilisées, principalement dans les chapitres 3 et 4. Enfin, deux collectifs citoyens sont contactés (un en Guadeloupe et un en Martinique). Un questionnaire abordant différents aspects de la problématique est élaboré et envoyé à ces deux collectifs afin d'obtenir des précisions quant aux mesures réellement mises en place pour faire face à la problématique, mais surtout pour faire valoir la voix des populations locales. L'objectif de cet échange avec les deux collectifs est d'obtenir un point de vue différent de la problématique par rapport aux publications gouvernementales et à la presse locale. Les témoignages des populations fortement impactées par les échouages permettent de dégager de nouvelles pistes de réflexion et de faire ressortir des points de faiblesse dans la gestion actuelle du phénomène en Guadeloupe et en Martinique.

## 1 MISE EN CONTEXTE

Avant de devenir une nuisance dans la mer des Caraïbes, les sargasses décrivent d'abord une zone unique dont la configuration singulière a contribué à sa renommée.

### 1.1 Une mer atypique

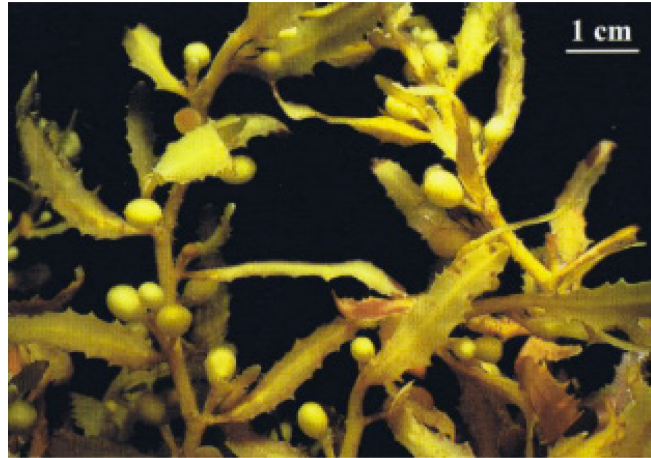
La mer des Sargasses s'étend sur environ 3 millions de km<sup>2</sup> dans l'Atlantique Nord et a la particularité de ne pas être bordée de côtes (Bataille, 2018, 17 avril). Située de 20 à 35°N et de 30 à 70°O (figure 1.1), elle fut pour la première fois étudiée et décrite en 1923 (Winge, 1923). Christophe Colomb en avait déjà fait mention dans son carnet de bord où il avait noté la présence d'un « tapis de sargasses » lui faisant croire, à tort, qu'il se rapprochait des côtes (Etienne, 2008).



**Figure 1.1 Situation géographique de la mer des Sargasses** (tiré de : Wikipédia, 2020).

Cette mer doit son nom à l'algue dérivante (non attachée au fond marin) qui la peuple en très grande quantité, la Sargasse. Bien que les algues du genre Sargasse vivent généralement fixées sur le fond marin, deux espèces (*Sargassum fluitans* et *Sargassum natans*) sont pélagiques, c'est-à-dire qu'elles flottent à la surface de l'eau (Parr, 1939; Taylor, 1972). Ce caractère particulier est possible grâce à la présence de vésicules sphériques contenant du gaz (aérocystes) qui jouent le rôle de « flotteurs » (Taylor, 1972; Littler et Littler, 2000) (figure 1.2).





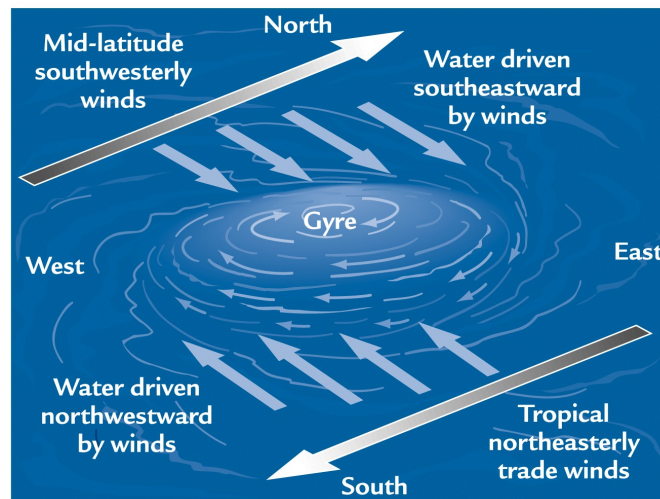
**Figure 1.2 Aérocytesses de sargasses** (tiré : de Littler et Littler, 2000).

Les sargasses constituent une partie notoire de l'écosystème de l'océan Atlantique. Elles assurent le rôle de milieu de vie et de reproduction pour de nombreux poissons, tortues, invertébrés, etc. Par exemple, des espèces telles que le thon et la carangue dépendent de la nourriture fournie par ces algues (Impact Mer, 2011), tandis que l'anguille vient y pondre chaque année (Taylor, 1972; Littler et Littler, 2000). Malgré la présence de vastes étendues de sargasses, cette mer est généralement considérée comme un milieu oligotrophe, c'est-à-dire pauvre en nutriments. Les sargasses se reproduisent par fragmentation végétative : une partie de l'algue, le thalle (partie végétative sans feuilles, ni racines, ni tige) se détache pour donner naissance à un nouvel individu. Ce phénomène peut se produire plus ou moins rapidement selon la disponibilité en nutriments (Taylor, 1972).

## **1.2 Des phénomènes physiques à l'origine de leur présence**

Les sargasses se regroupent en radeaux ou en bancs sur des distances allant jusqu'à plusieurs kilomètres carrés et forment ainsi de vastes étendues. Cet agencement particulier s'explique par une convergence de courants marins qu'on appelle communément un gyre (Lucotte et Moingt, 2012). Ce dernier est une grande cellule en rotation au diamètre de plusieurs milliers de kilomètres et a tendance à accumuler en son centre des éléments flottants tels que des algues pélagiques ou encore des déchets. Cette accumulation est notamment causée par le mécanisme de transport d'Ekman qui permet de mettre en mouvement l'eau sur des niveaux très profonds. Plus précisément, celle-ci subit un déplacement moyen de 90° par rapport au vent (Lucotte et Moingt, 2012). Sachant qu'au sud des régions subtropicales, les alizés soufflent d'est en ouest et qu'au nord les vents proviennent de l'ouest (Belkatyr, Coutens et Rondeau, s. d), le transport d'Ekman couplé à la force de Coriolis induit une rotation dans le sens horaire

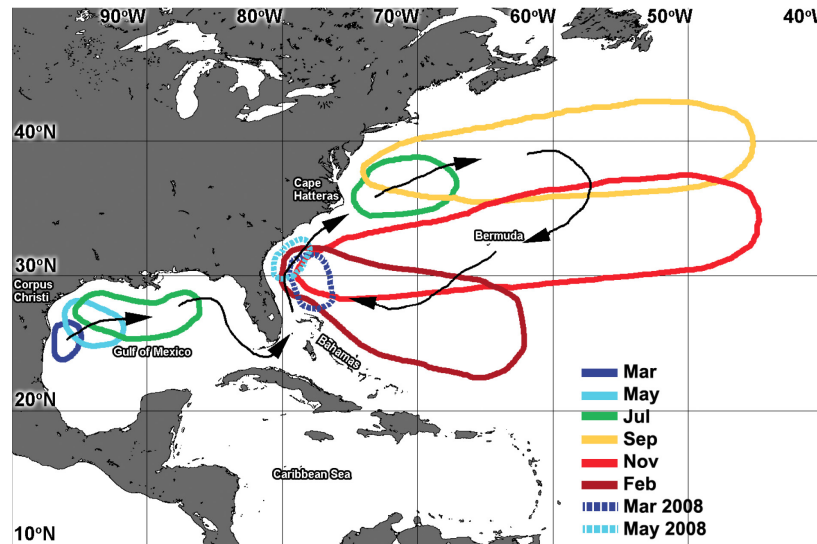
dans l'hémisphère Nord. Une zone de convergence au centre duquel l'eau s'élève se crée et permet le maintien des sargasses au centre du gyre (figure 1.3) (Lucotte et Moingt, 2012).



**Figure 1.3 Principes de formation d'un gyre océanique**  
(tiré de : Sonoma State University, s. d).

Quant au lieu de formation des sargasses, l'étude de Gower et King en 2011 a démontré que ces dernières ont une forte croissance en début d'année (de mars à juin) dans le golfe du Mexique. Soumises au courant de surface du Gulf Stream ainsi qu'aux vents, elles rejoignent l'Atlantique au mois de juillet-août. Les études divergent ensuite quant à leur trajet possible une fois qu'elles ont rejoint la mer des Sargasses. Certaines études font références aux vents dominants du système de haute pression des Açores qui entraînent les sargasses vers le sud et les font pénétrer dans les Caraïbes (entre Cuba et Porto Rico) (Frazier, 2014; Schouten, Matano et Strub, 2005). Le Gulf Stream les pousse ensuite vers l'ouest, au fond du golfe du Mexique pour se rendre jusqu'aux plages du Yucatán et du Texas. Enfin, les algues qui ne se sont pas échouées remontent vers le nord-est, retournant ainsi à leur point de départ, ce qui crée une boucle annuelle. D'autres études tendent à indiquer que le golfe du Mexique joue le rôle de « pépinière » avec l'apport de nutriments du fleuve Mississippi et qu'en hiver, les algues meurent pour ensuite se reconstituer l'année suivante (figure 1.4) (Gower et King, 2011; Gower, Hu, Borstad et King, 2006; Marmorino, Miller, Smith et Bowles, 2011). Les échouages fréquents de sargasses dans le golfe du Mexique sont documentés par les scientifiques américains depuis la fin du 19<sup>e</sup> siècle et ces derniers savent désormais prédire ces épisodes sur la base de plusieurs facteurs comme les courants océaniques, les régimes de vent, la période de l'année ou la taille des tapis d'algues en mer (Gower et King, 2011). L'intensité des échouages est bien estimée et ce, avant même l'arrivée des algues dans le gyre (Frazier,

2014). Le trajet des sargasses est constant sur plusieurs années et suit un schéma bien connu des scientifiques entre le golfe du Mexique et l'océan Atlantique, où elles constituent la mer des Sargasses.



**Figure 1.4 Déplacement des sargasses dans le golfe du Mexique**  
(tiré de : Gower et King, 2011).

### 1.3 Des algues étudiées depuis plusieurs années

Les algues sargasses sont connues depuis longtemps par les marins et ont fait l'objet de nombreuses études. Cependant, elles ont été observées par images satellites pour la première fois en 2006 par le capteur MERIS (*Medium resolution imaging spectrometer*) (Gower et al., 2006). En effet, les observations des navires étaient gênées par la taille importante et variable de la zone de dispersion des sargasses (Gower et King, 2011). Le capteur MERIS, en activité de 2002 à 2012, a été mis au point par l'Agence spatiale européenne (ESA) et se trouvait en orbite sur le satellite ENVISAT (*Environment satellite*). L'objectif principal de MERIS était d'observer de manière continue différents paramètres environnementaux tels que les glaces, les terres immergées et les océans. MERIS mesurait le rayonnement solaire réfléchi par la terre dans quinze bandes spectrales (comprises entre 390 et 1040 nm) avec une résolution spatiale de 300 mètres et couvrait une bande au sol de 1150 km (Bezy et al., 1999; ESA, s. d). Dans le cas des sargasses, MERIS permettait de mesurer la chlorophylle présente dans l'eau ou toute autre substance pigmentée. Facilement distinguables par leur signature spectrale qui se différencie de l'eau environnante et par les agrégats flottants qu'elles forment en mer, les sargasses étaient une « cible idéale » d'observation satellitaire (Gower et King, 2011). Depuis 2012, le capteur MODIS (*Moderate resolution imaging spectroradiometer*) est utilisé pour poursuivre l'observation des sargasses.

## **2 LES CAUSES DE CES ÉCHOUAGES RÉCENTS**

La problématique des échouages de sargasses dans les Antilles est très récente (2011) et expose les scientifiques, ainsi que les collectivités, à des problématiques nouvelles. Les études réalisées sur ces algues révèlent une conjugaison de plusieurs facteurs dont l'ampleur et le degré d'implication relatifs restent à préciser.

### **2.1 L'historique des échouages**

Pour la première fois en 2011, d'importantes quantités de sargasses se sont retrouvées sur les côtes de nombreuses îles de l'arc antillais, dont la Guadeloupe et la Martinique. Parallèlement, ces algues s'échouent sur les côtes africaines du Togo et du Bénin, ainsi que sur la côte nord du Brésil (Johnson et al., 2013; Smetacek et Zingone, 2013). Dans les Caraïbes, le phénomène s'étend en 2011 de juin à octobre, puis en 2012 d'avril à octobre (Ministère de l'Intérieur et al., 2018). En 2013, aucun phénomène n'est observé dans les Caraïbes, tandis que les échouages ne se sont quasiment pas interrompus entre 2014 et 2015. En 2016, les échouages sont plutôt faibles, mais s'intensifient de nouveau en 2017 et 2018. De plus, la Guyane française a connu des épisodes en 2011, 2014 et 2015 (Ministère des Outre-mer, Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer et Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la forêt, 2016). D'autres îles de l'arc antillais ont également été touchées par des épisodes d'échouages, telles que Saint-Martin ou Saint-Barthélemy.

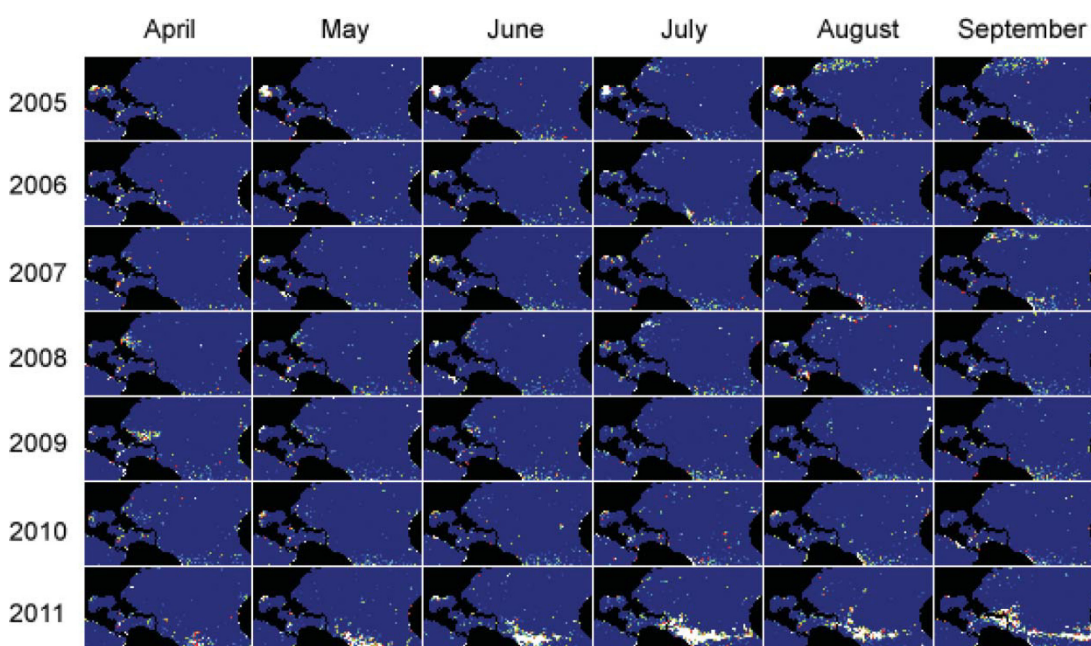
### **2.2 Les facteurs en causes**

Il est important de noter que les facteurs ayant mené à ces événements sont encore largement discutés par la communauté scientifique et que les raisons précises ayant conduit à ces échouages sont mal comprises. Les récents événements d'échouages suggèrent des bouleversements majeurs dans la distribution temporelle des sargasses, tout comme des modifications de leur environnement.

#### **2.2.1 Une nouvelle zone d'accumulation de sargasses**

Depuis 2011, de nombreuses études ont été menées pour tenter d'expliquer ce phénomène inédit. À partir des informations spatiales et temporelles fournies, l'historique de déplacements des sargasses a pu être retracé pour en déduire leur transport et mieux comprendre les facteurs en cause (Gower, Young et King, 2013).

Les premières hypothèses formulées par les scientifiques sur la présence de ces algues dans la mer des Caraïbes font référence à la mer des Sargasses. Une modification des courants marins à grande échelle aurait pu entraîner les sargasses hors de leur boucle habituelle et conduire à des échouages dans des régions plus au sud, telles que l'arc antillais ou le Brésil (Gower et al., 2013). De plus, les deux espèces retrouvées dans les Caraïbes étaient les mêmes que celles de la mer des Sargasses, qui s'échouent régulièrement dans le golfe du Mexique (*Sargassum natans* et *Sargassum fluitans*) (Johnson et al., 2013; Gower et al., 2013). Comme le révèle la figure 2.1, la superficie de couverture des sargasses au nord-ouest du Brésil s'est révélée être anormalement élevée pour la première fois en 2011, alors que de petites quantités d'algues y avaient été détectées par le passé. La superficie couverte était trois fois supérieure à ce que MERIS avait pu observer jusqu'alors dans le golfe du Mexique (sur la zone 0-15° N et 60-10° O, soit jusqu'aux côtes africaines) (Gower et King, 2011; Gower et al., 2013).

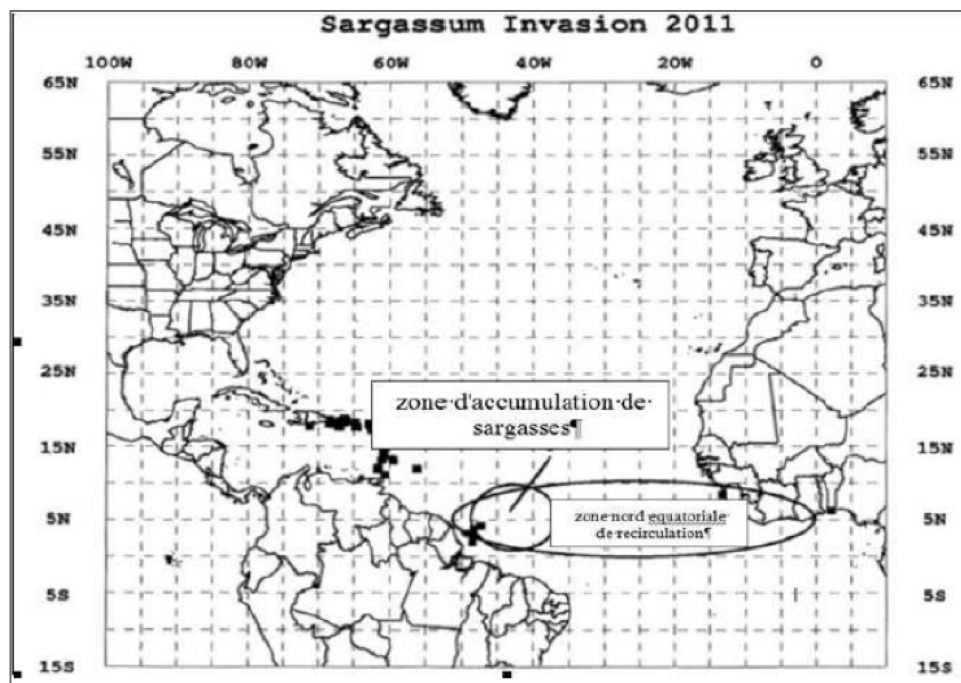


**Figure 2.1 Observation satellite avec l'indice de chlorophylle maximale (ICM) de MERIS 2005 - 2011.** Les observations sont faites entre 0° - 45°N et 100°-10° O. Les terres sont en noires. Les larges zones blanches sont les sargasses et s'étendent des Caraïbes à l'Afrique (tiré de : Gower et al., 2013).

Afin de déterminer la couverture des sargasses, MERIS a mesuré le pic de radiance à 709 nm qui correspond à l'ICM (Gower et al., 2013). Parallèlement, une approche basée sur les images satellites du capteur MODIS a été mise au point. En 2009, Hu avait créé un indice d'algues flottantes (FAI) en utilisant des données satellites de MODIS pour détecter et suivre la prolifération de macroalgues du genre *Ulva*

dans la mer Jaune (Hu, 2009). Cet indice se basait sur la réflectance des bordures rouges des algues émettant dans le proche infrarouge et a permis d'observer tout type de végétation, y compris les sargasses. Les données obtenues avec MODIS grâce au FAI ont permis de compléter les images captées avec MERIS.

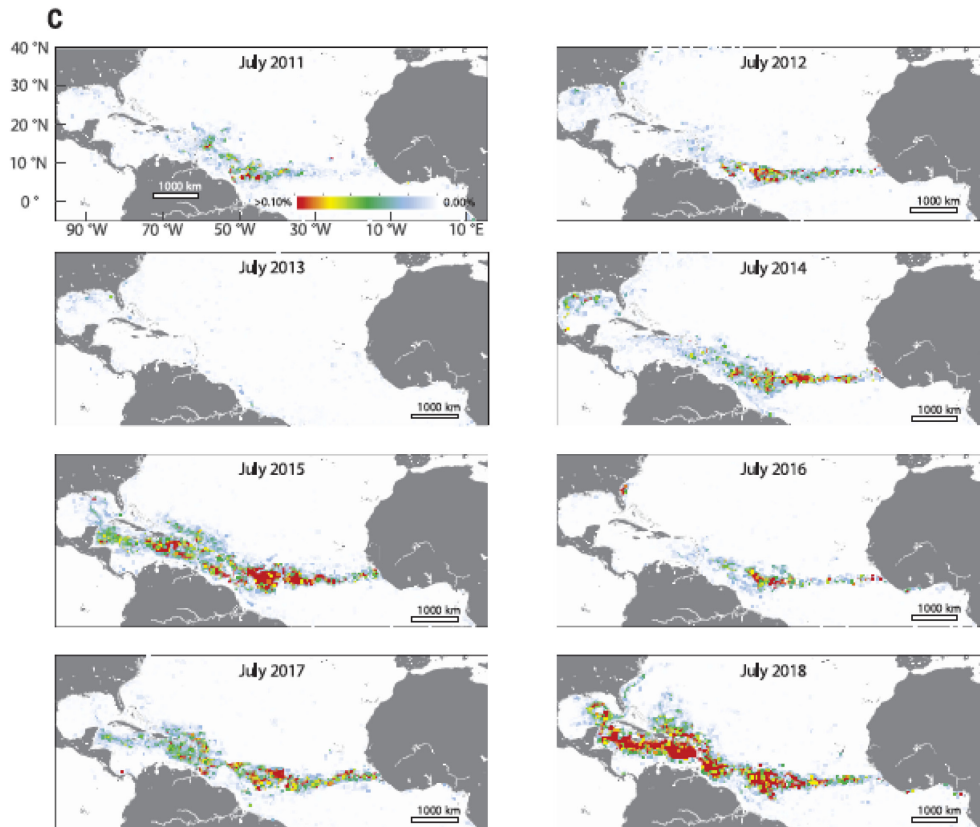
Une nouvelle zone d'accumulation des sargasses est identifiée au nord-ouest du Brésil et surnommée « la petite mer des Sargasses » (figure 2.2). Cette zone est située dans la « région de recirculation nord équatoriale » plus communément appelée NERR (*North Equatorial Recirculation Region*). Elle désigne une région bordant l'équateur qui est dominée par des courants à grande échelle allant vers l'ouest et des contre-courants allant vers l'est (Bischof, Rowe, Mariano et Ryan, 2004). L'hypothèse émise au départ quant au lien entre les échouages de sargasses dans les Antilles et la mer des Sargasses dans l'Atlantique Nord a pu être définitivement écartée grâce aux différentes études menées depuis 2011.



**Figure 2.2 Emplacement de la nouvelle zone d'accumulation des sargasses ainsi que des lieux d'échouages en 2011** (tiré de : Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement [DEAL] Guadeloupe, 2014, d'après Johnson et al., 2012).



En 2019, Wang et al. ont identifié « *The great Atlantic Sargassum belt* » comme étant la plus grande étendue d'algues au monde grâce à l'analyse d'images satellites provenant de MODIS de 2000 à 2018. Ces auteurs ont estimé que cette biomasse de plus de 20 millions de tonnes s'étend en continu sur 8 850 kilomètres du golfe du Mexique jusqu'aux côtes ouest-africaines (Figure 2.3).



**Figure 2.3 Distribution des sargasses dans l'océan Atlantique en juillet entre, 2011 et 2018.** La ceinture continue de sargasses d'est en ouest est clairement visible (tiré de : Wang et al., 2019).

### 2.2.2 Un apport en nutriments

Le phosphore plutôt que l'azote semble être le principal élément nutritif limitant la croissance et la productivité des plantes (Lapointe, 1986). Des études physiologiques ont montré que la productivité des sargasses était considérablement accrue par la disponibilité d'azote et de phosphore pour les populations néritiques (c'est-à-dire vivant du bord jusqu'au plateau continental) par rapport aux populations océaniques (Lapointe, 1995). Ces résultats révèlent donc que les apports de nutriments par les fleuves viennent considérablement augmenter la productivité des sargasses.

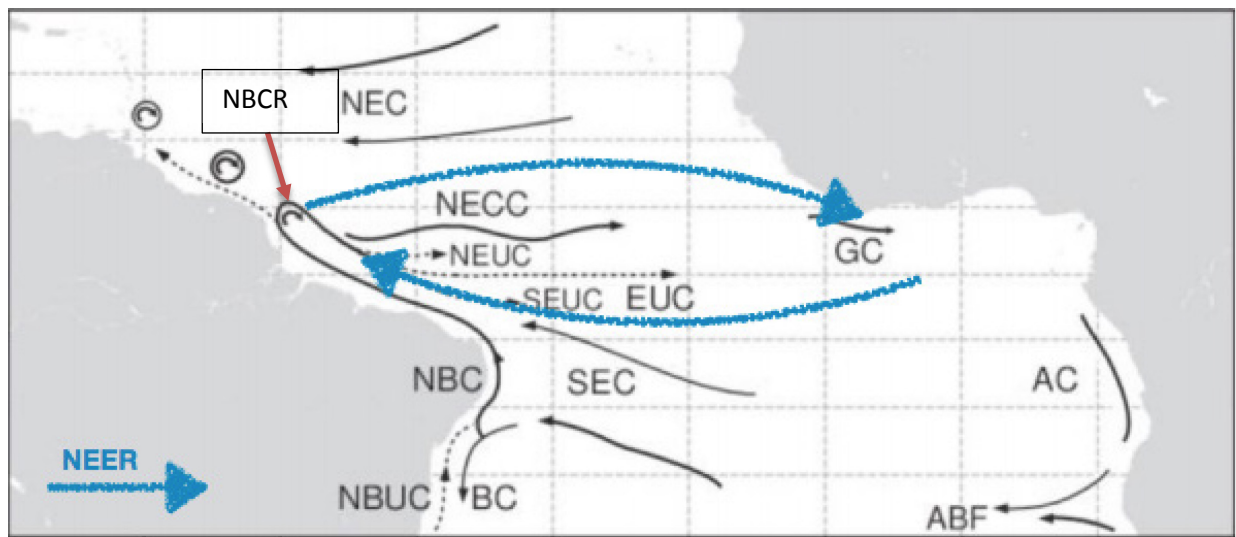
La prolifération d'algues au nord du Brésil serait donc causée par un apport majeur de nutriments du fleuve Amazone (Gower et King, 2011; Djakouré, Araujo, Hounsou-Gbo, Noriega et Bourlès, 2017; Johnson et al., 2013). La nouvelle zone d'accumulation est localisée directement à l'embouchure du fleuve Amazone, permettant ainsi aux algues d'être en contact avec ses eaux douces chargées en nutriments (Djakouré et al., 2017; Wang et al., 2019; Wang et Hu, 2016). La consommation d'engrais fertilisants a augmenté de 67 % dans le bassin versant de l'Amazonie et la déforestation a augmenté de 25 % entre 2011 et 2018 comparativement à 2002 (Wang et al., 2019). Cette déforestation s'accompagne d'un rejet majeur de phosphore et d'azote dans les cours d'eau et le déboisement intensif ne permet plus aux éléments nutritifs d'être retenus par les arbres et la végétation (Guimberteau et al., 2014; Wang et al., 2019). Parallèlement à la déforestation, l'augmentation des activités humaines telles que l'agriculture et d'autres développements amène davantage d'éléments nutritifs dans l'Amazone. Ainsi, la source d'enrichissement des sargasses demeure les apports en nutriments de l'Amazone, mais d'autres grands fleuves équatoriaux se jetant dans l'Atlantique contribuent aussi à amplifier le phénomène (Johnson et al., 2013). Ainsi, le fleuve Congo pourrait également participer à la croissance des algues lorsque ces dernières se trouvent au large des côtes africaines, tout comme le fleuve Orénoque qui se jette dans la mer des Antilles (DEAL Guadeloupe, 2014; Ministère des Outre-mer et al., 2016). Il apparaît également que les *upwellings* (remontées d'eaux froides) de l'est de l'Atlantique (Maroc et Angola) renforcés durant l'hiver seraient une source additionnelle de nutriments pour les sargasses (Djakouré et al., 2017). En outre, l'étude de Wang et al. (2019) suggère qu'en 2009, une décharge anormalement haute de nutriments dans le fleuve Amazone et un *upwelling* Est - Atlantique plus fort que la normale seraient les conditions initiales ayant conduit aux échouages de 2011.

Le rôle des changements climatiques avait été fortement suggéré par les scientifiques lors des premières études portant sur le sujet (Djakouré et al., 2017; Johnson et al., 2013). En effet, des *sea surface temperature* (SST) élevées seraient favorables au développement des algues. Néanmoins cette hypothèse a été rejetée : les observations satellites ont montré que des températures plus élevées seraient associées à une croissance plus lente des sargasses (Wang et al., 2019). Leurs images ont révélé des phases de croissance de sargasses pour lesquelles les SST étaient bien plus basses. Selon Wang et al. (2019), il n'est pas possible de corréler un réchauffement des températures de surface avec ces efflorescences de sargasses, bien que les changements climatiques aient pu apporter des bouleversements importants, notamment dans les courants marins. D'autres études plus approfondies sont nécessaires afin de déterminer tous les facteurs environnementaux pouvant impacter la croissance des sargasses.



### 2.2.3 L'influence des courants marins

Une étude soutenue par l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) et par l'Observatoire du milieu marin martiniquais a retracé l'historique des déplacements de sargasses sur une année dans l'Atlantique Nord (Maréchal, Hu, Wang, Franks et Johnson, 2018). Grâce à la combinaison d'images satellites et du modèle Hycom qui fournit des données numériques sur les courants de surface, il est apparu que les sargasses suivaient un cycle de transport annuel lié à la dynamique des courants du NERR. La figure 2.4 ci-dessous représente les différents courants qui constituent le NERR.



**Figure 2.4 Les principaux courants du système atlantique tropical.** Les courants représentés sont les suivants : courant nord équatorial (NEC), courant sud équatorial (SEC), contre-courant nord équatorial (NECC), rétroflexion du courant nord du Brésil (NBCR), courant des Guyanes (GuC), courant de Guinée (GC), courant de l'Angola (AC), courant nord du Brésil (NBC), courant du Brésil (BC), sous-courants équatoriaux (nord et sud) (N/S - EUC) et le front Angola- Benguela (ABF) (tiré de : Maréchal et al., 2018).

La nouvelle zone d'accumulation située au nord du Brésil alimente de façon saisonnière les Caraïbes grâce aux différents courants en place dans le NERR. Cette étude a permis de mettre en évidence 5 périodes relatives à la présence et au déplacement des sargasses entre janvier et décembre d'une même année, selon la zone Est/Ouest de l'Atlantique. De janvier à mars, les sargasses sont transportées par le NEC d'est en ouest. En avril, elles commencent à s'accumuler au nord du Brésil malgré le fait que le NBCR n'est pas encore activé à cette période. En même temps, le trajet d'est en ouest des sargasses par le NEC et le SEC se poursuit, amenant davantage de sargasses vers l'ouest. Le NBCR se met ensuite en route entre mai et juin, période pendant laquelle les sargasses s'accumulent largement dans la région 48°O et 5°N (qui

correspond à la zone d'accumulation). Deux voies de transports des sargasses se mettent alors en place : un transport direct vers les Antilles par le NBC, courant côtier qui remonte pour ensuite donner lieu au courant de Guyane (Wang et al., 2019) et un transport indirect qui s'échappe du NBCR par le nord et qui regagne les Antilles par la branche ouest du NEC. De juillet à septembre, les sargasses continuent d'affluer vers les Antilles par ces voies de transport. Les algues qui se sont accumulées dans la NBCR empruntent désormais une voie d'ouest en est par le NECC en direction de l'Afrique pour un trajet d'environ 5 mois pendant lequel une portion de sargasses s'échappera du NECC pour rejoindre le NEC et le SEC pour ensuite repartir vers l'ouest. Enfin, d'octobre à décembre, une partie des algues présentes au large de l'Afrique est reprise par le SEC ou le NEC pour rejoindre l'ouest, tandis qu'une part d'algues s'accumule près des côtes africaines pour réalimenter le système dès janvier. L'étude n'a pas pu mettre en évidence une zone d'accumulation alimentée par les *upwellings* et les fleuves équatoriaux dans le golfe de Guinée.

### 3 LES CONSÉQUENCES DES ÉCHOUAGES DE SARGASSES DANS LES ANTILLES FRANÇAISES

Les différents rapports faisant état des conséquences des échouages de sargasses depuis 2011 évoquent de nombreuses répercussions sanitaires, environnementales et économiques.

#### 3.1 Conséquences sanitaires

Les sargasses assurent un rôle écologique très important en mer. Elles ne présentent pas de danger pour les humains n'étant ni allergènes, ni piquantes, ni venimeuses. Elles peuvent toutefois abriter des espèces toxiques ou venimeuses pour les humains, telles que les méduses (Littler et Littler, 2000). Le problème survient lorsque les sargasses s'échouent sur les plages et se décomposent. D'abord réalisée dans un milieu aérobie (en présence d'oxygène), la décomposition naturelle n'entraîne aucune nuisance. Cependant, il est fréquent qu'une croûte séchée se forme en surface, ce qui a pour conséquence de limiter les échanges d'oxygène avec l'atmosphère, comme le montre la figure 3.1 (Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail [ANSES], 2017).



**Figure 3.1 Décomposition d'algues sargasses.** On observe la formation d'une croûte en surface des algues, ce qui conduit à une décomposition anaérobie (tiré de : ANSES, 2017).

La décomposition se déroule alors en milieu anaérobie et certains gaz dégagés lors de ce processus sont l'hydrogène sulfuré ( $H_2S$ ) et, dans une moindre mesure, l'ammoniac ( $NH_3$ ) (Ministère des Outre-mer et al., 2016). Le  $H_2S$  se caractérise par une odeur d'œuf pourri détectable même lorsque ce dernier est présent en très faibles concentrations, soit de 0,005 à 0,13 partie par millions (ppm) (Institut national de la recherche scientifique [INRS], 2014). Ce gaz dangereux (figure 3.2) est considéré comme étant toxique et

à action rapide. La gravité des symptômes dépend du niveau d'exposition et de la dose inhalée (Préfet de la Guadeloupe, 2018a).



**Figure 3.2 Fiche toxicologique du sulfure d'hydrogène ou hydrogène sulfuré H<sub>2</sub>S** (tiré de : INRS, 2014).

Une exposition aiguë au H<sub>2</sub>S peut entraîner des irritations des muqueuses oculaires et respiratoires avec une gravité variable pour une concentration en H<sub>2</sub>S > 50 ppm. Une perte de connaissance voire un coma accompagné de troubles neurologiques graves peut survenir lors d'une exposition au H<sub>2</sub>S > 200 ppm. Enfin, pour une concentration supérieure à 500 ppm, l'inhalation peut être mortelle (ADEME, 2018; ANSES, 2017). La gêne olfactive induite par les émanations de H<sub>2</sub>S est devenue une nuisance quotidienne pour les populations environnantes et pourrait entraîner à long terme un inconfort majeur. De nombreux riverains exaspérés ont exprimé leur mécontentement par des pétitions et des plaintes lorsque les opérations de ramassage étaient réalisées tardivement (Ministère des Outre-mer et al., 2016). En Guadeloupe, les mesures de concentration en H<sub>2</sub>S effectuées depuis le début des échouages étaient en moyenne inférieures à 10 ppm. Des concentrations d'H<sub>2</sub>S pouvant aller jusqu'à 25 ppm ont toutefois été observées lors des opérations de nettoyage (Préfet de la Guadeloupe, 2018a). En Martinique, la situation est similaire : des mesures réalisées en 2014 et 2015 montrant des concentrations pouvant aller jusqu'à 20 ppm (ANSES, 2017). Selon les sources, les mesures de concentration de H<sub>2</sub>S varient, mais il semble que les concentrations relevées restent relativement basses. Le risque sanitaire est plus important en milieu confiné, tandis que sur le littoral les gaz sont dilués dans l'air. Néanmoins, les autorités demandent aux populations locales de se tenir éloignées des algues en décomposition.

Les consultations liées à des maux de tête, des vomissements, des difficultés respiratoires, des démangeaisons, etc. sont en nette augmentation en Martinique et en Guadeloupe. Dans la petite ville de

Capesterre, sur l'île de Marie-Galante (au large de la Guadeloupe), la décomposition se fait directement dans la ville et les populations environnantes s'en plaignent fortement. Beaucoup de riverains constatent les mêmes symptômes (maux de tête, maux de ventre et irritations de la gorge). Bien qu'il existe des sources de H<sub>2</sub>S en milieu urbain (déchèteries, égouts, stations-service, etc.), peu d'études se sont penchées sur une exposition chronique ou subchronique au H<sub>2</sub>S et ses conséquences à long terme (Ministère des Outre-mer et al., 2016).

### **3.2 Conséquences environnementales**

Les conséquences environnementales sont multiples. Que ce soit en mer (à proximité du rivage) ou sur le littoral, les sargasses entraînent des bouleversements pour la faune et la flore présentes.

#### **3.2.1 En mer, à proximité du rivage**

La présence de radeaux de sargasses flottants en mer (figure 3.3) peut entraver le passage de la lumière et avoir des conséquences sur les herbiers et les coraux, ou tout autre organisme qui effectue la photosynthèse (ANSES, 2017). Les coraux et les herbiers qui se trouvent sous le tapis de sargasses sont alors fortement susceptibles de blanchir ou même mourir et ce phénomène peut se produire jusqu'à 20 mètres du rivage. « La faune rattachée à ces herbiers (oursins, holothuries, crabes...) disparaît également avec eux » (Ministère des Outre-mer et al., 2016). Les coraux sont classés parmi les espèces les plus vulnérables, alors qu'ils étaient déjà fortement perturbés par les activités anthropiques, les cyclones et le réchauffement climatique (Impact Mer, 2011). Par ailleurs, les récifs coralliens sont à la base d'une forte productivité biologique dont l'Humain tire un grand nombre de ressources (Impact Mer, 2011).



**Figure 3.3 Banc de sargasses en mer** (tiré de : Thibaut, 2017).



Au large, les sargasses représentent une pouponnière prisée par de nombreuses espèces (Ministère des Outre-mer et al., 2016). À cela, leur rôle est semblable aux dispositifs de concentration de poissons, véritables radeaux flottants qui attirent les poissons et utilisés depuis des millénaires par les Humains. Cependant, cet effet positif disparaît quand les radeaux d'algues stagnent trop longtemps dans les baies et qu'ils se décomposent.

Les mangroves sont l'un des trois systèmes caractéristiques des régions tropicales caribéennes (Impact Mer, 2011). Cet écosystème complexe joue un rôle écologique majeur et multiple : il protège le littoral contre l'érosion par les vagues et retient les sédiments marins issus des eaux de bassins versants. De même, les herbiers sont caractéristiques des régions tropicales et assurent un rôle essentiel à la vie des écosystèmes. L'accumulation de sargasses dans les mangroves, ainsi que leur décomposition anaérobie, engendre une diminution de la quantité d'oxygène dissous, une baisse du pH et une augmentation des concentrations de matière organique dissoute dans l'eau (Impact Mer, 2011). La qualité de l'eau est alors fortement détériorée, ce qui peut avoir des conséquences désastreuses sur les espèces présentes (Figure 3.4). Cela donne lieu à des zones anoxiques (avec peu d'oxygène) et engendre une menace pour de nombreuses espèces (INRS, 2014; Ministère des Outre-mer et al., 2016; Réseau tortues marines de Guadeloupe, 2018).



**Figure 3.4 Accumulation de sargasses dans une mangrove** (tiré de : Impact Mer, 2011).

L'étude réalisée par Impact Mer en Martinique a révélé un fort impact sur les phanérogames marines (plantes à fleurs) des herbiers avec l'observation de blanchiment ainsi qu'une perturbation des invertébrés tels que les oursins. Une mortalité élevée des invertébrés benthiques semble être associée à l'anoxie des eaux (Impact Mer, 2011; Ministère des Outre-mer et al., 2016). La libération de  $H_2S$  vient perturber

davantage l'équilibre géochimique de l'eau. Dans les mangroves, un grand nombre de crabes morts ont été retrouvés, ce qui a vraisemblablement été causé par les dégagements de  $H_2S$  pouvant parfois se concentrer en poches de gaz. Néanmoins, les espèces présentes dans les mangroves et les herbiers disposent d'un fort pouvoir de résilience, sauf en cas d'extrême accumulation de sargasses (Desmarquis, 2018; Ministère des Outre-mer et al., 2016). De plus, les qualités physico-chimiques des eaux semblent revenir rapidement à la normale lorsque les sargasses sont ramassées (Impact Mer, 2011). De nombreuses études sont encore nécessaires pour déterminer les conséquences de ces échouages sur le long terme.

### 3.2.2 À terre, sur les plages

Lorsqu'elles s'échouent sur les plages du littoral, les sargasses forment une barrière physique pouvant perturber la ponte des tortues (Maurer, De Neef et Stapleton, 2015). D'une part, les femelles peuvent être gênées par les sargasses échouées sur la plage pour rejoindre un lieu de ponte adapté. D'autre part, les tortues juvéniles vont avoir de la difficulté à s'extraire du nid et à rejoindre la mer (Figure 3.5) (Maurer et al., 2015).



**Figure 3.5 Tortue prisonnière de sargasses** (tiré de : Institut français de la Mer, 2016).

Les échouages de sargasses peuvent atteindre plusieurs mètres d'épaisseur et gêner la circulation de nombreux animaux. Lors de contact avec des eaux douces, les sargasses peuvent endiguer ces dernières et saliniser les eaux et la végétation environnantes (Ministère des Outre-mer et al., 2016). De nombreux poissons morts ont été repérés par les employés du parc national de Guadeloupe dans les eaux douces se jetant à la mer (ANSES, 2017). Les sargasses renferment également différents éléments, comme des métaux lourds, qui peuvent éventuellement contaminer la végétation, les sols ainsi que les eaux

souterraines lors de leur décomposition ou de leur stockage. Cette problématique est peu étudiée actuellement, les effets environnementaux ainsi que leur durée restent à déterminer (ANSES, 2017).

De plus, il est important de considérer les opérations de ramassage des sargasses peuvent avoir des impacts majeurs pour les espèces vivant sur le littoral. Leurs conséquences sur l'environnement pourraient être plus dramatiques que l'échouage des sargasses elles-mêmes, mais elles se produisent plus ponctuellement. La circulation des engins de ramassage écrase irrémédiablement les œufs pondus sur la plage par les tortues et crée des tassements qui vont entraver l'éclosion des œufs (Ministère des Outre-mer et al., 2016). De grandes quantités de sable sont aussi retirées des plages lors des opérations de ramassage et aggravent fortement le phénomène d'érosion. Des brigades vertes ont ainsi été mises en place en Martinique et en Guadeloupe pour ramasser manuellement les sargasses et ainsi éviter que les engins mécaniques ne dégradent la flore locale (ANSES, 2017).

### **3.3 Conséquences économiques**

Les impacts économiques des échouages de sargasses sont nombreux. Les principaux secteurs touchés sont le tourisme (hôtellerie, restauration) et la pêche, deux activités dont la Guadeloupe et la Martinique dépendent grandement pour leur économie.

#### **3.3.1 La pêche**

Les échouages de sargasses ont des effets négatifs, mais aussi positifs sur le secteur de la pêche. Comme mentionné à la section 3.2.1, les bancs de sargasses jouent le rôle de pouponnière en mer pour de nombreuses espèces de poissons et de crustacés. L'année 2012 fut, par exemple, une année très productive pour un certain nombre de pêcheurs, bien que la taille des poissons pêchés ait été plus petite que la normale (Impact Mer, 2011). Néanmoins, les effets négatifs prennent vite le dessus : en 2014 et 2015, deux années où les échouages de sargasses ont été très forts, la quantité d'algues en mer étaient telle que la navigation était difficile, voire impossible. Les hélices de bateaux, les moteurs et les filets étant fortement susceptibles d'être endommagés par les algues, cela cause une diminution du temps de travail (Ministère des Outre-mer et al., 2016). En 2015, les pêcheurs de Guadeloupe ont perdu en moyenne 22 jours de sorties en mer (Ministère des Outre-mer et al., 2016; Outre-mer 360°, 2016, 16 février).

#### **3.3.2 Le tourisme**

Les échouages de sargasses ont un impact sur les activités économiques des îles, notamment dans le secteur du tourisme, pilier de l'économie pour la Guadeloupe et la Martinique. Une étude de la Cour des



Comptes réalisée en 2014 a établi que la part du tourisme dans le Produit intérieur brut (PIB) de la Guadeloupe et de la Martinique est respectivement de 7 et 9 %. Les centres hôteliers, les restaurants ainsi que les centres de loisirs sont fortement touchés par les échouages de sargasses. L'odeur nauséabonde du H<sub>2</sub>S et les masses d'algues recouvrant les plages constituent un répulsif esthétique et olfactif pour les touristes. De plus, elles induisent une barrière physique aux activités sportives et à la baignade (Ministère des Outre-mer et al., 2016). L'impact financier sur le tourisme se traduit par une diminution du chiffre d'affaires causée par la baisse de la clientèle, ainsi qu'une augmentation des frais d'entretien, de nettoyage et de remplacement des équipements attaqués par le H<sub>2</sub>S (voir section 3.1). En 2015, le chiffre d'affaires annuel de certains hôtels et restaurants a chuté de près de 50 %. De grands complexes hôteliers font nettoyer les plages quotidiennement à leurs propres frais ou installer des barrières flottantes pour préserver leur plage des échouages massifs.

En Guadeloupe, des restaurants, des gîtes ainsi que des centres d'activités nautiques ont dû fermer temporairement. Des mesures de licenciement ont été rapportées et un hôtel a fermé définitivement à Sainte-Lucie (Ministère des Outre-mer et al., 2016). Une étude de la Chambre de commerce et d'industrie (CCI) de Guadeloupe a permis d'estimer le préjudice porté par les échouages de sargasses. Réalisée en 2018 sur les 9 communes les plus touchées, l'étude révèle une perte de 1,5 million d'euros sur l'économie martiniquaise (ADEME, 2018; Samyde, 2018, 30 mai). En Guadeloupe, une enquête réalisée en 2015 sur plus de 400 entreprises de secteurs variés touchées par les échouages révélait une perte de plus de 4 millions d'euros de chiffre d'affaires (ADEME, 2018).

Au-delà des dommages financiers, l'image de la Guadeloupe et de la Martinique est ternie par les différentes photos pouvant circuler sur internet. Les touristes potentiels peuvent faire le choix de se tourner vers d'autres îles moins touchées par les sargasses. Avec le poids économique que représente le tourisme dans ces deux îles, la préservation de l'image est essentielle à la survie du tourisme local (Ministère des Outre-mer et al., 2016).

### **3.3.3 Les biens des particuliers**

Les habitats situés en bord de mer font face à des nuisances olfactives causées par la décomposition des algues. Le H<sub>2</sub>S libéré corrode un grand nombre de métaux, plus particulièrement le cuivre et les alliages. Ainsi, la tuyauterie et la robinetterie des maisons placées à proximité de lieux d'accumulation et de décomposition se sont dégradées. Les habitants rapportent également des conséquences sur les circuits

électriques et électroniques, notamment sur les électroménagers (Ministère des Outre-mer et al., 2016). De plus, la valeur foncière de certaines habitations a fortement baissé depuis 2011. Les conditions environnementales engendrées par les sargasses et leur décomposition ont poussé de nombreux habitants à vouloir vendre leur maison. Le rapport d'État du ministère des Outre-mer (Ministère des Outre-mer et al., 2016) rapporte que certains habitants n'ont pas pu vendre leur bien faute de trouver des acheteurs.

#### **3.3.4 Les investissements et les coûts des parties prenantes**

Pour venir en aide aux entreprises durement touchées par les échouages de sargasses, la Martinique et la Guadeloupe ont mis en place des programmes d'accompagnement (Ministère de l'Intérieur et al., 2018 ; Ministère des Outre-mer et al., 2016). Parmi les mesures proposées, le report des charges fiscales et sociales a été mis en place au cas par cas, en fonction de l'entreprise. En 2018, l'État français a annoncé qu'il allait financer à hauteur de 10 millions d'euros afin d'encourager les investissements et faciliter les opérations de nettoyage pour les îles du nord (Saint Martin et Saint-Barthélemy), la Guadeloupe, la Guyane et la Martinique. Trois millions supplémentaires sont mis à disposition des collectivités pour mettre en place des collectes sous 48 heures et se fournir en équipement de ramassage.

## **4 LA GESTION DU PHÉNOMÈNE**

Après avoir présenté les causes et les conséquences des échouages de sargasses, le mode de gestion face à cette problématique en Martinique et en Guadeloupe va être détaillé. Les répercussions économiques, sociales et environnementales nécessitent des mesures de gestion ainsi que des actions planifiées.

### **4.1 Une implication de l'État français dans la problématique des échouages**

La Guadeloupe et la Martinique sont des territoires de la République française. Ainsi, l'État français est fortement impliqué dans la gestion du phénomène et la mobilisation nationale apporte un soutien majeur aux collectivités touchées.

#### **4.1.1 Le statut juridique des collectivités d'outre-mer de Martinique et de Guadeloupe**

La Guadeloupe et la Martinique sont définies comme des « Départements et régions d'outre-mer ou DROM », régis par l'article 73 de la Constitution de la 5<sup>e</sup> république (Direction de l'information légale et administrative, 2018). Cette loi stipule également que les lois et règlements de la France sont applicables de plein droit, mais que ces derniers peuvent être adaptés selon les caractéristiques et les contraintes particulières des collectivités (Direction de l'information légale et administrative, 2018). L'État français y est représenté par un préfet<sup>1</sup> et un sous-préfet<sup>1</sup> (Ministère des Outre-mer et al., 2016).

Au niveau de l'Union européenne, la Guadeloupe et la Martinique sont des régions ultrapériphériques (RUP), c'est-à-dire des territoires situés en dehors du continent européen. Ce statut particulier, mentionné dans les articles 349 et 355 du traité sur le fonctionnement de l'Union européenne (Traité sur le fonctionnement de l'Union européenne, 2012), permet à ces régions éloignées de faire face à des problématiques propres à leurs caractéristiques géographiques et de bénéficier d'un soutien de l'organisation.

#### **4.1.2 Les mesures de l'État français**

Depuis la prolifération des sargasses, les services de l'État sont mobilisés pour apporter un soutien technique et financier aux collectivités touchées. Pour faire face à l'ampleur des échouages, le gouvernement français a posé des gestes forts en 2018. Lors d'une visite officielle dans les Antilles françaises en juin 2018, Nicolas Hulot (Ministre de l'Écologie en 2018) et Annick Girardin (Ministre des

---

<sup>1</sup> Consulter l'annexe 1 pour le rôle et les champs d'action des acteurs dans la lutte contre les sargasses.

Outre-mer) ont annoncé une série de mesures pour faire face à cette situation (République française, 2018). L'objectif principal est de pouvoir ramasser les sargasses en cas d'échouages en moins de 48 heures, soit avant que les algues ne se décomposent et ne produisent du H<sub>2</sub>S. Pour cela, le gouvernement propose un plan de grande envergure, à hauteur de 10 millions d'euros pour soutenir la Guadeloupe, la Martinique, la Guyane et les îles du Nord (Saint-Martin et Saint-Barthélemy). Les mesures sont structurées autour de quatre objectifs (Ministère de l'Intérieur et al., 2018) :

- Mettre en place des solutions de collecte pour intervenir en moins de 48 heures
- Améliorer la détection et le suivi sanitaire des sargasses
- Renforcer la recherche, l'innovation ainsi que la coopération régionale et internationale
- Accompagner les citoyens et les entreprises touchés par les échouages pour limiter les pertes économiques

Chacun de ces objectifs s'accompagne de mesures qui sont détaillées dans le tableau 4.1 ci-dessous.

**Tableau 4.1 Objectifs et mesures gouvernementaux annoncés en juin 2018** (inspiré de : République française, 2018).

Objectifs gouvernementaux	Mettre en place des solutions de collecte pour intervenir en moins de 48 heures	Améliorer la détection et le suivi sanitaire des sargasses	Renforcer la recherche l'innovation ainsi que la coopération régionale et internationale	Accompagner les citoyens et les entreprises touchés par les échouages pour limiter les pertes économiques
Mesures annoncées	Poursuite du soutien exceptionnel aux collectivités pour l'achat de machines et pour les opérations de ramassage. En plus des 3 millions d'euros déjà débloqués depuis 2015, l'État met à disposition 3 millions supplémentaires	Mise en place de capteurs pour réaliser des mesures directes de dégagement de H <sub>2</sub> S et d'ammoniac. Un site internet permettra de consulter les mesures en direct	Soutien à plusieurs colloques permettant de partager des informations et des solutions à l'échelle des Caraïbes	Mobilisation d'outils d'accompagnements aux entreprises : moratoire sur les charges fiscales et sociales, suspension des procédures de recouvrement, dispositif de chômage partiel, etc.
	Création d'un grand plan d'investissement pour 2018-2019 de 8 à 10 millions d'euros financé à moitié par dotation de l'État, le reste venant en cofinancement de l'Union européenne et des collectivités	Renforcement du réseau de suivi des sargasses par satellites	Mission d'état des lieux par le sénateur de Guadeloupe Dominique Théophile, en ce qui concerne les solutions utilisées pour la lutte contre les sargasses	Dialogue avec les compagnies d'assurance pour inscrire le risque sargasses dans les contrats d'assurance, comme les pannes d'électroménagers et d'appareils électroniques

**Tableau 4.2 (suite) Objectifs et mesures gouvernementaux annoncés en juin 2018** (inspiré de : République française, 2018).

Objectifs gouvernementaux	Mettre en place des solutions de collecte pour intervenir en moins de 48 heures	Améliorer la détection et le suivi sanitaire des sargasses	Renforcer la recherche l'innovation ainsi que la coopération régionale et internationale	Accompagner les citoyens et les entreprises touchés par les échouages pour limiter les pertes économiques
Mesures annoncées	Appel à projets de l'ADEME sur les technologies de ramassage à hauteur de 1 million d'euros	Création d'un site internet permettant le signalement par les citoyens et les professionnels de la mer des échouages de sargasses		
	Mise en place d'une brigade citoyenne prenant la forme de brigades vertes pour une mobilisation rapide des équipes de collecte			

#### 4.1.3 Le plan national de lutte contre les sargasses

En octobre 2018, soit quelques mois après la visite de Nicolas Hulot et Annick Girardin en Guadeloupe, la France a présenté son plan national de lutte contre les sargasses qui fixe l'organisation des moyens à engager et des actions à mener dans les communes touchées (Ministère de l'Intérieur et al., 2018). L'objectif de ce plan est d'améliorer la gestion du phénomène en définissant et en améliorant le rôle de l'État et des collectivités. Ainsi, ce guide détaille les échelons de coordination à l'échelle locale et nationale afin que l'ensemble des moyens privés et publics soient mobilisables dans de courts délais et selon une organisation prédéfinie et efficace. Face à la diversité d'outils disponibles et de situations, le plan national prévoit un continuum logique qui associe anticipation, alerte, planification, ramassage, valorisation, etc. Cet outil s'inscrit dans la continuité des actions entreprises par la France depuis les premiers échouages en 2011 et traduit l'engagement de l'État dans la lutte contre les sargasses. Il réunit les ministères de l'Intérieur, de la Transition écologique et solidaire, de la Solidarité et de la Santé, de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation et des Outre-mer (Ministère de l'Intérieur et al., 2018).

#### **4.1.4 Le soutien de l'Union européenne**

Les RUP ont accès à un certain nombre de programmes et de fonds, comme le fonds européen de développement régional (FEDER) (Azevedo et Kolodziejewski, 2019). Dans le cadre de la problématique des sargasses, ce fonds a permis l'achat de matériel communal pour la collecte et le transport des algues. L'Union européenne joue également un rôle dans la surveillance satellite. Dans le cadre d'un projet de l'ESA, un consortium travaille sur le développement d'un service opérationnel de détection des sargasses. L'objectif est de surveiller les algues flottantes dans la région des Caraïbes et ainsi prévoir où et quand elles toucheront terre, en vue d'aider les collectivités (ESA, 2019; Nova Blue Environnement, 2018).

#### **4.2 La mise en place des moyens au niveau local et national**

Depuis 2011, les échouages récurrents de sargasses rythment les actions de collecte en Guadeloupe et en Martinique. La mobilisation des moyens se doit d'être immédiate et concerne plusieurs niveaux de décisions, soit local et nationale. Bien que le plan national de lutte contre les sargasses décrive les mesures et les moyens à mettre en place dans la zone Antilles-Guyane, chaque territoire peut également se doter de moyens locaux pour déterminer l'organisation à l'échelle du département.

##### **4.2.1 La surveillance et l'alerte**

La surveillance des littoraux se fait en continu par voie satellite. Grâce à une convention passée entre le Ministère de la Transition écologique et solidaire et Météo-France, des dispositifs de surveillance satellite sur la zone Antilles-Guyane ont été mis en place afin de détecter d'éventuels bancs de sargasses en mer. Des données courantologiques sont couplées avec l'état de la mer et du vent pour quantifier le risque d'échouage (DEAL Guadeloupe, 2019a). Ces observations satellites sont compilées par Météo-France afin de produire une à deux synthèses hebdomadaires. Ces bulletins sont publiés sur le site de la DEAL de Guadeloupe chaque semaine, ce qui permet aux habitants et aux collectivités de les consulter en tout temps. Par la suite, la DEAL assure le relai de ces synthèses avec les collectivités locales pour d'éventuels déclenchements de situations d'alerte et en prévision d'opérations de ramassage. La surveillance des rivages peut être complétée par d'autres services de l'État tels que des survols en hélicoptère, des reconnaissances sur le terrain ou encore par le service Copernicus, un programme de surveillance satellite de la Terre à très haute résolution de l'ESA (en période de crise et pour une durée limitée) (Ministère de l'Intérieur et al., 2018).

L'ADEME soutient actuellement une étude de l'Observatoire du milieu marin martiniquais qui vise à analyser des données satellites de la zone atlantique Est et Ouest. L'objectif de cette étude est de corréler des données de courantologie, des données satellites et des modèles océaniques pour produire un outil de prédiction d'efflorescence de sargasses dans la région des Caraïbes (Maréchal et al., 2018). Enfin, le préfet de Guadeloupe a annoncé en février 2019 l'installation de caméras autonomes sur des sites d'échouages réguliers comme renforcement des outils de prévision. Ce système d'observation à l'échelle du bassin océanique permet de suivre en temps réel la dérive des radeaux de sargasses venus du large (Préfet de la Guadeloupe, ADEME et Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 2019).

Le passage au niveau d'alerte est décidé par le préfet, selon les volumes de sargasses échoués et la durée d'exposition de la population. Il met en place une cellule interministérielle avec le ministère de l'Intérieur et le ministère des Outre-mer et les informe régulièrement sur l'évolution de la situation (Ministère de l'Intérieur et al., 2018).

#### **4.2.2 Le ramassage et les dispositifs de collecte**

Le/la maire/mairesse, au titre de ses pouvoirs de police administrative, met en œuvre les opérations de nettoyage sur sa commune et rend compte de la situation au préfet. Chaque commune a donc en charge la direction des travaux de ramassages sur son territoire, tandis que le conseil régional prend en charge le ramassage des sargasses dans les ports de pêche, de commerce et de voyageurs. Les Établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) assurent l'acquisition de matériel, le soutien logistique et peuvent avoir recourt à des moyens privés d'enlèvement. Les objectifs de collecte du plan national de lutte contre les sargasses sont les suivants :

- Collecter les algues avant qu'elles ne se décomposent et engendrent une situation problématique d'un point de vue sanitaire
- Définir les méthodes de collecte les plus efficaces (coûts, impacts environnementaux, réactivité, gêne occasionnée, etc.)
- Veiller à la sécurité des travailleurs

Il existe une grande diversité de faciès littoraux qui nécessite des solutions adaptées aux différentes configurations côtières. Les collectivités doivent donc choisir des dispositifs de collecte en fonction des sites d'échouages. De plus, la collecte des sargasses ne doit pas entraîner de dégradations environnementales car les opérations de nettoyage sont susceptibles de perturber grandement la ponte

des tortues sur les plages, d'engendrer une érosion de la côte et de modifier l'équilibre écomorphologique des plages (maintien du sable et préservation de la végétation) (ADEME, 2019a). Les méthodes de collecte doivent donc assurer la pérennité des milieux dans un objectif de respect des écosystèmes présents. Les communes peuvent donc opter pour des engins mécanisés ou des brigades de ramassage manuel. Des « brigades vertes » constituées d'une dizaine de personnes ont été mises en place en Martinique et en Guadeloupe dès 2015 pour effectuer le ramassage des sargasses à la main (figure 4.1). Leur faible incidence sur le terrain, leur capacité d'intervention sur des sites variés et le faible coût des équipements présentent de nombreux avantages. Cependant, l'encadrement et la formation des équipes sont primordiaux car ces travailleurs sont exposés au H<sub>2</sub>S et peuvent présenter certains symptômes d'intoxication. Enfin, des dispositifs de ramassage manuels supplémentaires sont disponibles pour renforcer les moyens humains déployés par les communes : des chantiers d'insertion qui visent à soutenir des personnes en réinsertion sociale, ainsi que des chantiers d'enlèvement dans le cadre de travaux d'intérêt général.



**Figure 4.1 Brigade verte en Martinique** (tiré de : Livori, 2018, 26 juillet).

En ce qui concerne les modes de collecte mécanisés, différentes techniques existent. En 2015, l'ADEME a lancé un appel à projets pour favoriser le développement de techniques de collecte adaptées aux littoraux antillais. En 2018, une synthèse des méthodes manuelles et mécaniques de collecte retenues (existantes, à tester et en cours d'évaluation) a été publiée afin de présenter les avantages, les inconvénients et les coûts relatifs (ADEME, 2019a). Cette synthèse révèle que la collecte en haute mer demeure peu efficace du fait de la variabilité spatiale et temporelle des algues et de l'environnement souvent hostile (houle, vents, courants). La collecte en proche côtier et en infralittoral (interface terre/mer) semble être plus adaptée car elle est réalisée sur un point fixe flottant ou à terre. Enfin, la collecte manuelle sur les sites



sensibles ou difficiles d'accès est à privilégier (ADEME, 2019a). Le tableau 4.2 ci-dessous résume les différentes méthodes de collecte selon le lieu de prise en charge.

**Tableau 4.3 Méthodes de collecte selon la configuration côtière** (tiré de : ADEME, 2019a; Ministère de l'Intérieur et al., 2018).

Type de collecte	Terrestre	Infralittoral	Proche côtier	Protection en mer
<b>Méthodes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Collecte manuelle</li> <li>• Ratisseur</li> <li>• Godet double griffe</li> <li>• Tractopelle</li> <li>• Pelleteuse</li> <li>• <i>Cane loader</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pelle mécanique à long bras</li> <li>• Barge avec tapis convoyeur</li> <li>• Amphibie porte-outils</li> <li>• Tapis de collecte à poste fixe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bateau collecteur</li> <li>• Dispositif de stockage</li> <li>• Barge avec tapis convoyeur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Barrage de confinement</li> </ul>

Pour les mesures de protection en mer, les barrages demeurent un outil efficace (figure 4.2). Ils peuvent protéger certaines zones sensibles, mais aussi dévier les sargasses vers des points de collecte plus facile d'accès. Il existe plusieurs types de barrages (grillage, polmar, fixe, poche) qui sont installés en fonction des conditions de la mer et du vent, de la nature du fond, des enjeux à protéger, etc. sur décision de la Direction de la Mer (Préfet de la Martinique, 2018). Certains barrages sont posés à l'initiative d'associations de riverains, de mairies ou encore de complexes hôteliers en bordure de plages et sont soutenus financièrement par l'ADEME et l'État. Le suivi de ces barrages a démontré leur efficacité à retenir les sargasses au large des côtes et à résister aux conditions climatiques (Préfet de la Martinique, 2018).



**Figure 4.2 Barrage flottant dans la commune du Robert en Martinique**  
(tiré de : Pinel-Fereol, 2018, 26 mai).

Pour déterminer les modes de collecte les plus adaptés, les communes peuvent se baser sur des fiches d'évaluation réalisées pour chaque méthode par l'ADEME et disponibles sur le site de la DEAL Guadeloupe (DEAL Guadeloupe, 2019b). Enfin, le Syndicat intercommunal pour la mise en valeur des plages et des sites touristiques de Guadeloupe a élaboré un « kit » composé de plusieurs engins de collecte dont les communes touchées par les échouages devraient se doter pour garantir une meilleure efficacité des opérations de ramassage (voir l'annexe 5 du plan départemental de Guadeloupe) (Préfet de la Guadeloupe, 2018a).

#### **4.2.3 Le stockage et la valorisation**

Une fois les algues collectées, elles doivent être gérées efficacement. Le plan national de lutte contre les sargasses révélait qu'en 2018, 90 % des algues étaient stockées sans valorisation. Les algues sont principalement collectées et épandues sur des terrains dédiés. L'Office nationale des forêts ainsi que la Direction de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt déterminent les zones d'épandages et réalisent le suivi des opérations (figure 4.3) (Préfet de la Guadeloupe, 2018a). Les terrains sont sélectionnés afin d'engendrer le moins d'impacts environnementaux (peu de populations environnantes, site proche de la collecte, éloignement des cours d'eau, etc.). Néanmoins, des études réalisées par l'ANSES entre 2015 et 2018 ont révélé des concentrations de produits indésirables dans les sargasses (sel, arsenic et chlordécone) (ANSES, 2017). Le stockage des algues pose donc un risque de contamination pour les sols sur lesquels elles sont déposées. La valorisation des sargasses est actuellement très peu réalisée. La seule voie existante dans les Antilles françaises demeure le compostage avec des déchets verts pour les transformer en engrais (ADEME, 2019b). Ce processus est réalisé en Martinique par l'entreprise Holdex et par la plateforme de Sita Verde de manière sporadique en Guadeloupe (Schaub, 2019, 30 octobre).



**Figure 4.3 Épandage de sargasses sur des terrains désignés** (tiré de : ADEME, 2019b).

L'ADEME, en concertation avec les collectivités locales et les services de l'État, s'implique dans le développement de filières de valorisation. En 2015 et 2016, l'ADEME a lancé un appel à manifestation d'intérêt pour favoriser le développement d'outils de prévision, de surveillance et de techniques concernant la collecte et la valorisation des algues. L'objectif est d'identifier des options de valorisation dans une perspective d'économie circulaire. Les solutions privilégiées doivent permettre de traiter des gros volumes à court terme tout en améliorant les unités de traitement existantes. Les recherches existantes et actuelles concernent plusieurs filières de valorisation (Ministère de l'Intérieur et al., 2018) :

- Épandage : l'Institut technique tropicale, l'Organisme français de recherche agronomique ainsi que l'ADEME ont étudié les effets de l'épandage de sargasses sur les principales cultures tropicales. Les résultats révèlent de faibles apports agronomiques, ainsi que des problèmes potentiels de salinisation des cultures et des sols. Malgré la présence d'oligoéléments, les sargasses n'ont pas d'effets fertilisants. De plus, elles seraient porteuses de produits dangereux tels que l'arsenic ou le chlordécone.
- Compostage : des tests de compostage sont en cours dans des installations existantes en Guadeloupe (Plateforme Terra Viva et Centre de valorisation organique du Robert) afin d'améliorer le processus, de définir les quantités acceptables et d'accueillir d'éventuelles extensions de sites. Un projet d'extension pour la plateforme de Holdex en Martinique est prévu grâce à un soutien de près de 5 millions d'euros de l'ADEME.
- Valorisation énergétique : les sargasses semblent présenter un faible potentiel énergétique et une forte production de cendres néfastes. Des études sur leur potentiel énergétique de combustion et de méthanisation ont révélé des résultats décevants et limités.
- Valorisation en bioplastique : la jeune entreprise bretonne Algopack est parvenue à transformer les sargasses en bioplastique dont les applications sont diverses : articles de bureau, emballage, montures de lunettes, etc. L'entreprise cherche désormais à développer cette filière et à étendre son marché (Baptiste, Novundi Environnement et Algopack, s. d.).
- Valorisation agroalimentaire : la valorisation pour la nutrition animale ou humaine semble être impossible du fait d'une forte concentration en arsenic. Des tests pour les cosmétiques et l'agroalimentaire sont en cours et devraient déterminer le potentiel de ces filières.
- Valorisation thérapeutique : l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement s'intéresse aux vertus thérapeutiques potentielles des molécules contenues dans les sargasses.

#### **4.2.4 L'évaluation des risques sanitaires et le suivi**

En 2018, le Haut conseil de la santé publique (HCSP) a été mandaté par la Direction générale de la Santé pour actualiser les mesures de gestion ainsi que les recommandations sanitaires destinées aux populations. Ce nouvel avis (le premier avis avait été publié en 2015) a ainsi inclus des recommandations en matière de gestion pour l'ammoniac, issu du même processus de fermentation que le sulfure d'hydrogène (HCSP, 2018). L'avis détermine de nouveaux seuils sur 24 heures à la fois pour le H<sub>2</sub>S et le NH<sub>3</sub>, ainsi que des recommandations de gestion et des mesures associées dans le but de prévenir et réduire les impacts sur la santé des populations concernées (population générale et personnes vulnérables) (annexe 2). Pour la rédaction de cet avis, le HCSP s'est notamment appuyé sur les rapports d'expertise de l'ANSES. Cette dernière avait été mandatée par la Direction générale de la santé en 2016 pour produire une expertise technique relativement aux émanations de gaz toxiques issues de la décomposition des sargasses (ANSES, 2017).

Les dispositifs de suivi sanitaire sont ensuite mis en place localement par les Agences régionales de santé (ARS) ainsi que la DEAL qui assurent la communication à destination du grand public et des professionnels de la santé. Les ARS sont accompagnées des associations Gwad'air et Madininair en Guadeloupe et en Martinique respectivement qui sont responsables du suivi de la qualité de l'air. La surveillance hebdomadaire est assurée par un réseau de 24 capteurs en Guadeloupe et 15 capteurs en Martinique sur les sites les plus vulnérables aux échouages. En accord avec les recommandations sanitaires du HCSP, les émanations de gaz issus de la décomposition des sargasses sont mesurées sur 24 heures pour éviter les biais des bouffées de courtes durées. De plus, des relevés mobiles sont également réalisés dans les établissements scolaires situés à proximité de zones d'échouages. Les résultats journaliers sont publiés sur les sites de l'ARS, ainsi que sur Gwad'air et Madininair (ARS Guadeloupe, 2019; Gwad'air, 2016; Madininair, 2016). Le suivi de l'impact se fait par un réseau de médecins sentinelles qui informe l'ARS de consultations pouvant être associées à une exposition aux émanations issues de la décomposition des sargasses et sur le nombre de personnes ayant développé des symptômes tels que des crises d'asthme. Enfin, les services de secours sont invités à signaler tout cas de patients pris en charge dont le lien avec une exposition aux sargasses a pu être établi (Préfet de la Guadeloupe, 2018b; Préfet de la Martinique, 2018).

#### **4.2.5 L'aide aux entreprises et aux citoyens**

En Guadeloupe, la CCI, en partenariat avec la Caisse générale de sécurité sociale, a mis à disposition des entreprises touchées un guichet unique, afin que celles-ci puissent déclarer leurs difficultés. Un

questionnaire permet de réunir les informations relatives à l'impact des sargasses sur l'activité et la situation financière de l'entreprise. L'État a également mis en place plusieurs mesures pour ces entreprises : moratoire sur les charges sociales et patronales, mesures d'étalement et de remboursement de dettes, chômage partiel pour les employés, aide et financement pour du remplacement de matériel, etc. (Ministère de l'Intérieur et al., 2018)

Comme mentionné à la section 4.1.2, parmi les mesures gouvernementales annoncées en 2018 figurait l'inscription du « risque sargasses » dans les contrats d'assurance. À ce jour, aucune annonce gouvernementale supplémentaire n'est venue confirmer la mise en place de cette mesure.

#### **4.2.6 Les plans d'organisation à l'échelle locale**

L'organisation interministérielle et communale peut s'appuyer sur plusieurs outils de planification pour organiser et compléter les dispositifs locaux :

- Plans communaux de sauvegarde et plans locaux : les mesures prises dans le plan national ont vocation à être intégrées dans les plans locaux existants comme les Plans communaux de sauvegarde (PCS) et le plan ORSEC (Organisation de la réponse de sécurité civile). Le PCS est un outil de planification sous la responsabilité du maire/mairesse qui permet de déterminer les mesures immédiates et l'organisation des moyens à mettre en place en matière d'alerte, d'information et de protection en cas d'évènement majeur (catastrophes naturelles, accidents, épidémie, etc.) Son déclenchement est assuré par le maire/mairesse qui doit en informer le préfet. Autre outil de planification, le plan ORSEC est un plan d'organisation des secours à l'échelle départementale en cas de crise, de la compétence de l'État et rédigé par le préfet (Gouvernement Français, 2019). En Guadeloupe, les communes de La Désirade et de Goyave ont été les premières à intégrer le volet sargasse à leur PCS, de même que le risque cyclonique ou sismique. Des fiches d'actions détaillent la mobilisation des moyens techniques, financiers et humains, la gestion de la crise et la protection des populations (Préfet de la Guadeloupe, 2018a).
- Plan départemental : le plan national de lutte contre les sargasses prévoit également une planification à l'échelle départementale sous la charge du préfet. Dans cette optique, la Guadeloupe s'est dotée d'un plan départemental de lutte contre les sargasses en août 2018. Un plan de gestion vient s'y ajouter afin de déterminer la gouvernance locale et les moyens de coordination entre les différentes communes. La Martinique n'a, à ce jour, pas produit de plan

départemental. Il y a donc des disparités d'organisation visibles entre les deux îles. La Guadeloupe dispose de plus d'informations quant au processus organisationnel et semble être plus proactive que la Martinique dans la problématique des sargasses.

#### **4.2.7 Les mesures de financement**

L'État demeure le premier financeur dans le cadre de la problématique des sargasses. Depuis le début des échouages, ce sont plus de 3 millions d'euros qui ont été déboursés afin de venir en aide aux collectivités (Ministère des Outre-mer et al., 2016). En 2015, l'État a versé près de 200 000 euros aux collectivités fortement touchées par les échouages pour financer l'achat de matériel de collecte. En 2018, l'État a annoncé un grand plan de financement à hauteur de 8-10 millions d'euros, financé à moitié par dotation de l'État (4-5 millions), le reste par les collectivités et le FEDER (République française, 2018). Les mesures gouvernementales annoncées prévoient également une enveloppe de 3 millions d'euros disponible en cas d'urgence. L'ADEME assure le financement des expérimentations en ce qui concerne la collecte, la valorisation et la surveillance. Depuis 2016, près de 4,7 millions d'euros ont été investis dans la recherche et l'innovation de méthodes de surveillance, de collecte et de valorisation (ADEME, 2019b). De plus, l'agrandissement du site de compostage Holdex en Martinique pouvant accueillir les sargasses est financé par l'ADEME à hauteur de 4,9 millions d'euros. Enfin, les services de l'État soutiennent financièrement les brigades vertes qui assurent le ramassage manuel des sargasses dans les zones sensibles. Les îles de Guadeloupe et Martinique demeurent dépendantes financièrement de l'État français dans la problématique des sargasses.

## **5 ANALYSE CRITIQUE DE LA GESTION DU PHÉNOMÈNE ET RECOMMANDATIONS**

La gravité et la complexité de la situation socio-environnementale des échouages de sargasses dans les Antilles françaises imposent une réflexion transversale visant une gestion de crise immédiate et des prises de décision drastiques pour la résolution à long terme du problème.

### **5.1 Recommandations d'actions à l'échelle locale et nationale**

Plusieurs recommandations peuvent être émises après étude de l'organisation des moyens mis en place pour assurer la gestion des sargasses échouées dans les Antilles françaises.

#### **5.1.1 Mettre en place des outils de gouvernance et des cibles mieux définis**

L'élaboration et l'utilisation d'outils de gouvernance sont essentielles pour assurer une gestion efficace et efficiente de la problématique de l'échouage de sargasses à court terme. Dans cet objectif, le gouvernement français a ainsi étudié les différentes stratégies de prévention et de lutte contre les sargasses pour déterminer les mesures et moyens adaptés à la situation. Dans le cadre d'une mission interministérielle qui s'est rendue dans les Antilles françaises en 2016, le rapport de mission a émis de nombreuses recommandations et a servi de base au plan national de lutte contre les échouages de sargasses (Ministère des Outre-mer et al., 2016). La démarche basée sur une gestion de risques aux vues du caractère imprévisible et fluctuant des échouages de sargasses demeure l'axe central des recommandations de cette mission. Les échouages de sargasses doivent être considérés comme un risque aléatoire, au même titre que les cyclones ou les inondations, et la rédaction d'un plan de risques « échouages de sargasses » qui se décline au niveau départemental et communal par les PCS est conseillée. Actuellement, seule la Guadeloupe dispose d'un plan de crise au niveau départemental avec son « plan départemental de lutte contre les sargasses ». Il apparaît essentiel que les îles touchées par les échouages disposent d'un plan de gestion à l'échelle départementale, sans quoi les mesures de gestion sont désorganisées et le rôle de chaque acteur n'est pas clairement défini dans un contexte de crise. La Martinique doit donc, sans plus attendre, produire son propre plan départemental et peut pour cela s'appuyer sur les plans départementaux de la Guadeloupe, mais aussi de la Guyane.

Les outils de gouvernance que sont les plans départementaux et les PCS permettent d'éviter le manque d'anticipation et de préparation des acteurs. Selon Dominique Théophile, sénateur de Guadeloupe, ces deux outils demeurent le principal point de faiblesse dans la gestion du phénomène (Théophile, 2019). Dans son rapport de mission de février 2019 ayant pour but d'analyser les stratégies de lutte et de

prévention contre les sargasses, il recommande lui aussi l'intégration du risque « échouages de sargasses » dans les PCS des communes touchées en Martinique et en Guadeloupe. L'actualisation de ces plans assure une gestion efficace en réponse aux retours d'expérience des années précédentes et peu de communes ont pris la décision de mettre à jour leur PCS. Rappelons que ce dernier a pour vocation de préparer les communes à organiser les moyens en cas d'évènements majeurs engendrant des situations exceptionnelles qui perturbent le fonctionnement quotidien (Direction de la défense et de la sécurité civile, s. d.). Face à une telle situation, les pouvoirs publics doivent être en mesure d'apporter des réponses claires à la population dans une situation d'urgence. (Direction de la défense et de la sécurité civile, s. d.) Les échouages de sargasses s'inscrivent largement dans la liste de situations pour lesquelles le PCS est pertinent. Il est nécessaire de définir les aides et les mesures à mettre en place pour chaque commune et c'est pour cette raison que les plans départementaux et les PCS sont essentiels.

Enfin, bien que le plan national de lutte contre les échouages de sargasses soit un acquis pour mieux gouverner, plusieurs éléments sont critiquables à son égard. Les objectifs annoncés par Nicolas Hulot et Annick Girardin en 2018 ne sont pas précisément inscrits dans le plan, ne présentent pas de cibles précises et manquent d'indicateurs pour évaluer l'efficacité des mesures ainsi que d'échéanciers à court, moyen et long terme.

Bien que les algues vertes ne soient pas apportées du large, leur prolifération sur les estrans, c'est-à-dire la zone du littoral alternativement couverte par la marée, est un véritable fléau pour le littoral breton depuis les années 1970. Pour faire face à ce phénomène récurrent et préoccupant, le gouvernement français a produit un plan de lutte contre la prolifération des algues vertes en 2010 (Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt de Bretagne, 2010). On y retrouve trois volets majeurs qui structurent le plan selon des axes d'intervention : le volet sécurisation, le volet curatif, le volet préventif ainsi que des objectifs précis de cibles de réduction avec échéancier. Ces trois volets détaillent adéquatement l'ensemble des mesures et des acteurs à définir et le plan contient un calendrier de financement. Ce plan est donc un bon exemple de structure rédactionnelle efficace, qui comporte des éléments essentiels de planification. Le plan national de lutte contre les échouages de sargasses aurait donc tout intérêt à revoir son organisation en prenant exemple sur le plan relatif aux algues vertes en définissant des cibles de réduction et des échéanciers.



### 5.1.2 Établir une nouvelle approche budgétaire

Bien que l'État subventionne le ramassage des sargasses, le soutien financier aux collectivités demeure insuffisant. La commune de Capesterre de Marie-Galante a fait part de sa situation préoccupante en 2018 lors des premiers échouages de l'année. Soutenue en 2015 par le gouvernement français pour s'équiper en matériel de collecte, la commune s'est sentie seule et démunie face à ce fléau pour organiser et financer les opérations de collecte (Ministère des Outre-mer et al., 2016). Actuellement, le gouvernement a investi plusieurs millions d'euros pour gérer les échouages de sargasses dans les Antilles françaises, mais sans établir de budget spécifique par commune ou par île sur une base annuelle récurrente. De ce fait, les communes sont dans l'incertitude en ce qui concerne le financement de l'État et doivent parfois trouver des solutions par elles-mêmes. Un grand plan de 8 à 10 millions d'euros a été annoncé en 2018 pour accompagner les investissements et les opérations de nettoyage auquel est joint un fonds d'urgence de 3 millions d'euros. Les dépenses annuelles par île sont en moyenne de 3 millions d'euros (Ministère des Outre-mer et al., 2016). Dans son rapport de mission, Dominique Théophile parle d'une « nouvelle approche budgétaire » à mettre en place et de « mécanismes de financement réguliers spécifiques aux sargasses » (Théophile, 2019). En tant que premier partenaire financier, le gouvernement français devrait donc établir un budget alloué spécifiquement aux sargasses à hauteur de 3 millions d'euros par année sur une base régulière, avec l'aide de partenaire telle que l'ADEME, la DEAL, les ministères des Outre-mer, des Finances et de la Transition écologique et solidaire. Enfin, le plan national de lutte contre les sargasses devrait se doter d'un volet « Financement » permettant de détailler la participation financière de l'État. En l'absence de telles mesures, les communes devront faire face aux échouages de sargasses dans l'urgence.

L'alimentation de ce fonds régulier passe par une réglementation législative qui définit les mesures de financement sur une base annuelle. Les différents rapports de missions (Ministère des Outre-mer et al., 2016; Théophile, 2019) proposent deux solutions pour, d'une part, financer le ramassage et la gestion des sargasses et, d'autre part, maintenir le tourisme des Antilles françaises dont le secteur économique dépend fortement :

- La taxe de séjour : prévue par les dispositions de l'article L2333-26 du Code général des collectivités territoriales, cette taxe permet de financer des dépenses liées au tourisme ainsi qu'à la protection des espaces naturels. Autrefois investie dans le développement des activités touristiques de l'île, elle pourrait aujourd'hui permettre aux municipalités de rester attractives en finançant en partie le ramassage des sargasses.

- La taxe sur les transports aériens et maritimes : instituée par l'article 285 ter du code des douanes, les entreprises aériennes et de transport doivent payer un certain montant par passager qui se rend en Guadeloupe et Martinique. Une certaine partie du montant, qui est perçu par le conseil régional, est reversée aux communes littorales touristiques.

La mise en place de ces taxes permettrait de soutenir financièrement les communes victimes des échouages et de fournir un montant annuel dédié spécifiquement aux sargasses. Certains craignent que ces taxes nuisent à la compétitivité du secteur touristique, mais en présence d'un phénomène naturel aussi problématique que les sargasses, ces taxes représentent une solution économique viable. Elles doivent être encadrées juridiquement pour correspondre aux besoins des collectivités.

### **5.1.3 Favoriser la collecte en proche côtier et la pose de barrages**

L'évaluation des différentes méthodes de collecte par l'ADEME suggère que les collectes en proche côtier et depuis le rivage sont plus avantageuses, car elles évitent les échouages de sargasses à terre, où elles ont le plus d'impacts néfastes (ADEME, 2019a). Ce mode de collecte est largement facilité par la pose de barrages en mer qui permettent de retenir et de dévier les sargasses en vue d'organiser leur ramassage. Dans ce contexte, il apparaît évident qu'une diminution des nuisances induites par les échouages de sargasses est possible si davantage de barrages sont installés. Lors de l'appel à projets lancé par l'ADEME en 2016, plusieurs projets de barrages avaient été retenus et subventionnés à hauteur de 1,5 million d'euros pour en effectuer les tests (ADEME, 2019a). Plusieurs types de barrages ont ainsi été implantés en Guadeloupe et en Martinique, dont les procédés diffèrent selon leur localisation afin de correspondre aux caractéristiques des littoraux.

Les barrages en mer et en proche côtier demeurent néanmoins une technique très onéreuse et complexe. En effet, la typologie du barrage dépend de nombreux paramètres (objectif de confinement, objectif de déviation, forme du rivage, nature des ancrages, emprise du sol, quantité de sargasses accumulées, courants marins profonds, etc.) (ADEME, 2018). De ce fait, peu de projets d'implantation ont vu le jour et la pose de barrages reste épisodique dans plusieurs communes des Antilles françaises. Las d'attendre que les pouvoirs publics mettent en place des barrages en mer, les citoyens ont entrepris des actions et plusieurs projets ont vu le jour. C'est notamment le cas dans la commune de Saint-François en Guadeloupe où un filet anti-sargasses a été mis en place par l'association STOP-SARGASSE en 2018, tandis qu'un barrage de type grillage a été posé dans la commune du Robert en Martinique (ADEME, 2018). Ces modes de ramassage artisanaux sont souvent peu efficaces et présentent des lacunes technologiques. Les

différentes évaluations de ces techniques montrent que leur résistance en cas de houle ou d'évènements climatiques est faible, tout comme leur capacité de rétention des algues.

Bien que l'initiative citoyenne soit à saluer, les barrages en mer nécessitent une technologie complexe qui ne peut être mise en place qu'avec le soutien des communes, du gouvernement français et de l'ADEME. Il est donc recommandé de :

- Réaliser davantage d'études sur la courantologie ainsi que sur les modalités d'implantation de ces barrages, plus particulièrement pour des zones spécifiques à risques où les barrages sont nécessaires (centre-ville, port, mangroves, et autres zones jugées adaptées).
- Planter des barrages dans les différentes zones retenues sur la base d'un projet à grande échelle réalisé conjointement par l'ADEME et les communes. Ces dernières seraient ainsi équipées de barrages protecteurs ou déviants et bénéficieraient d'une aide plus juste.

L'implantation de barrages à échelle territoriale et le couplage avec des opérations de nettoyage en proche côtier permettraient de répondre aux enjeux sanitaires, écologiques et économiques induits par les échouages de sargasses. L'ADEME devrait donc trouver de nouveaux partenaires financiers. Cette recommandation rejoint le besoin d'une « nouvelle approche budgétaire » (section 5.1.2) pour financer ce type de collecte onéreuse.

#### **5.1.4 Accompagner financièrement les habitants touchés**

Les différentes études scientifiques poussent à croire que les échouages de sargasses vont perdurer dans le temps et que ces invasions massives pourraient devenir la nouvelle norme. En 2015, deux communes de Martinique ont réclamé la reconnaissance de l'État de catastrophe naturelle pour les échouages de sargasses sur le fondement des « phénomènes liés à l'action de la mer » (Ministère des Outre-mer et al., 2016). Rejetée sous prétexte que les dommages observés ne sont pas causés par les échouages directement, mais par les émanations de gaz issues de la décomposition des sargasses, cette décision sera largement critiquée par les élus de Martinique et de Guadeloupe. Cependant, la mission interministérielle de 2016 révèle dans son rapport que les sargasses ne coïncident pas avec la définition de « catastrophe naturelle » selon le régime d'assurance et que rien ne garantit un remboursement dans son intégralité selon les modalités des compagnies d'assurance. La création d'un risque « sargasses » spécifique dans les contrats d'assurance est alors proposée dans le rapport de mission de 2016 (Ministère des Outre-mer et al., 2016). Finalement, les mesures gouvernementales annoncées en 2018 prévoient que « les assureurs

pourront proposer d'inscrire le risque sargasse dans les contrats d'assurance. » (Ministère des Outre-mer et al., 2016). Il est légitime de se questionner sur l'efficacité de cette mesure, car la mise en action de cette dernière ne dépend finalement que des assureurs. Le rapport de mission de 2016 avait étudié la problématique en questionnant des professionnels dans le domaine de l'assurance. Ces derniers avaient alors expliqué que cette mesure serait presque impossible à appliquer, car la création d'une nouvelle garantie dans les contrats d'assurance nécessite une étude approfondie afin d'évaluer les risques potentiels. De plus, le phénomène des sargasses demeure relativement récent et ce risque trop circonscrit géographiquement ne représente qu'un petit nombre d'assurés potentiel. Dans ces conditions, la création de cette hypothétique garantie « sargasses » était ainsi écartée dans le rapport de mission. Aux vues de ces conclusions, il apparaît peu probable qu'une telle mesure soit mise en place alors que le gouvernement n'a fait aucune annonce supplémentaire quant à son application.

#### **5.1.5 Favoriser la coopération régionale et internationale**

Le phénomène d'échouages de sargasses touche toute la zone des Caraïbes. Un partage d'expérience et de connaissances au niveau régional et international est donc nécessaire (Ministère de l'Intérieur et al., 2018).

Deux organismes régionaux sont actuellement impliqués dans la problématique des échouages de sargasses:

- Le centre d'activité régionale (CAR), qui est destiné à la mise en œuvre du protocole relatif à la protection de la vie sauvage spécialement protégée (SPAW) dans la région des Caraïbes, a identifié des initiatives sur la thématique des sargasses et mis en œuvre une coopération régionale. Un forum régional de discussion en ligne permettant de partager les connaissances sur la compréhension du phénomène, l'évaluation des impacts et les méthodes de collecte et de valorisation a été créé. (CAR-SPAW-RAC, 2012)
- L'Association des États de la Caraïbe (AEC), qui a pour premier domaine de préoccupation la préservation et la défense de la mer, a créé la Commission de la mer des Caraïbes. Son objectif est de promouvoir et de contribuer au développement durable de cette dernière, tout en assurant la coopération et la coordination des actions liées à sa préservation (Association des États de la Caraïbe, 2012). La problématique récente des sargasses a été apportée à la table des discussions de la Commission de la mer des Caraïbes, notamment lors du 1<sup>er</sup> symposium de la mer des Caraïbes organisé par l'AEC en 2015. Les échouages de sargasses figuraient sur la liste des trois problématiques les plus importantes et ont donné lieu à plusieurs recommandations pour aider

les États à faire face à ce fléau, telles que le développement d'un réseau régional de surveillance et la création d'un guide recensant les meilleures pratiques de ramassage. (Bold, 2015)

Ces instances permettent des actions collectives et la mise en commun du savoir-faire de chaque pays permet de lutter plus efficacement contre les sargasses. Plusieurs évènements régionaux se sont tenus depuis 2011, dont le dernier en date demeure une conférence internationale sur les sargasses organisée en Guadeloupe en octobre 2019 par l'État français (Conseil régional de Guadeloupe, 2019). Chefs d'États, responsables d'organisations régionales et internationales, entreprises, citoyens et scientifiques étaient ainsi réunis pour aborder différents aspects de la problématique : état des connaissances, stratégie de collecte et de valorisation, etc. Cette conférence était également l'occasion d'entamer une réflexion sur une stratégie géopolitique commune (Conseil Régional de Guadeloupe, 2019).

La concertation régionale doit être encouragée et davantage d'évènements comme celui qui s'est déroulé en octobre 2019 en Guadeloupe doivent avoir lieu. Les États touchés par les échouages de sargasses devraient ainsi établir des rencontres régulières par l'intermédiaire de l'AEC ou sous l'impulsion du CAR-SPAW. Comme le mentionne l'ONU dans son rapport, une stratégie intégrée qui regroupe les différentes parties prenantes est requise (ONU Environnement, 2018). La surveillance et la prévision des échouages passent par la mise en commun de documents historiques ainsi que par des études satellites pour comprendre les modèles de distribution des sargasses. Les retours d'expérience sur les méthodes de collecte et de valorisation assurent une expertise technique aux États touchés ainsi qu'une évolution des systèmes utilisés. Des actions conjointes à grande ampleur devraient également être étudiées par un observatoire régional spécialement dédié à l'étude des sargasses. Celui-ci assurerait le regroupement des informations pertinentes et la communication aux États concernés. Une évaluation régionale portant sur les impacts et les défis socioéconomiques des différents États touchés est également recommandée (ONU Environnement, 2018).

## **5.2 Les sargasses : un phénomène inéluctable ?**

La section 3.1 a permis de mettre en lumière des points d'amélioration vis-à-vis de la gestion actuelle du phénomène dans les Antilles françaises. Des mesures locales ont ainsi été recommandées afin de faciliter le système de gestion actuelle. Ces mesures s'inscrivent dans les priorités d'actions déterminées par le gouvernement français, à savoir la surveillance, la collecte, le stockage et la valorisation. L'organisation générale des moyens vise à établir des mesures dites « d'adaptation » au phénomène des sargasses, en investissant efforts et moyens afin de « lutter » face à ce phénomène. Néanmoins, aux vues des

mécanismes naturels et anthropiques, la « lutte aux sargasses » pourrait se jouer d'une tout autre manière, en revoyant l'approche et le point de vue au niveau local, mais aussi global de cette problématique.

### **5.2.1 Un phénomène aux causes anthropiques et naturelles voué à durer**

Les mécanismes en causes dans le cadre des échouages de sargasses restent encore à préciser. Bien que des analyses, des modélisations et des observations aient permis de déterminer les facteurs à l'origine, davantage d'études doivent venir alimenter la connaissance scientifique dans ce domaine. Le chapitre 1 a révélé qu'un ensemble de facteurs naturels et anthropiques semble être à l'origine de ces échouages. La décharge de nutriments par le fleuve Amazone et la dynamique des courants en sont majoritairement responsables. Alors qu'un phénomène similaire ne s'était jamais produit dans la région des Caraïbes avant 2011, les échouages qui se produisent désormais annuellement annoncent une récurrence du processus vraisemblablement voué à perdurer dans le temps et donc à devenir la « nouvelle norme » (Wang et al., 2019).

La problématique des sargasses est différente des autres phénomènes majeurs de prolifération d'algues qui ont pu se produire dans le monde. En France, les côtes bretonnes subissent depuis près de 50 ans les échouages d'algues vertes qui donnent lieu à de vastes marées vertes, polluent les littoraux et envahissent les plages. La présence dans les cours d'eau de nutriments dont se nourrissent les algues est causée par les pratiques agricoles intensives (Le Point, 2019, 4 juillet; Sacleux, 2019, 5 juillet). Dans le cas du golfe du Mexique, les marées rouges qui se produisent depuis plusieurs années ne sont pas causées par une algue, mais par un dinoflagellé. Bien que des facteurs naturels soient majoritairement responsables de ces marées rouges, le rejet anthropique de nutriments par le fleuve Mississippi participe grandement à la prolifération de ce dinoflagellé (Bossy, 2013, 30 mars). Dans le cadre de ces deux phénomènes, des actions à l'échelle locale et nationale ont été mises au point pour réduire la pollution anthropique des rivières. Le plan de lutte contre les algues vertes comprend un volet préventif avec des actions pour limiter l'afflux d'azote et de phosphore vers les côtes. Cela passe par une modification des pratiques agricoles et l'amélioration des techniques de traitement des eaux effluentes (Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt de Bretagne, 2010). Or, la problématique des échouages de sargasses est de nature régionale et même internationale, car les apports en nutriments proviennent des grands fleuves équatoriaux que sont l'Amazone, le Congo ou encore l'Orénoque. Il n'est donc pas possible d'agir à la source en mettant en place des actions pour réduire le flux de nutriments de ces fleuves. Il est par ailleurs

impossible de définir une responsabilité dans le cadre des échouages de sargasses, car bien que la décharge de nutriments du fleuve Amazone semble être la cause principale, la combinaison de facteurs anthropiques et leur niveau d'implication ne sont pas entièrement compris.

Par ailleurs, les facteurs en cause ne semblent pas s'arrêter ou diminuer. La décharge de nutriments du fleuve Amazone est directement reliée à la consommation de fertilisants et à la déforestation. Au cours de la période 2011-2018, la consommation totale d'engrais a augmenté de 67 % dans le bassin versant du fleuve Amazone par rapport à 2002 (Wang et al., 2019). Une partie de ces fertilisants finit par se retrouver dans les rivières et dans les océans. Alors que les gouvernements brésiliens successifs avaient mis en place des mesures entre 2004 et 2012 pour baisser significativement le taux de déforestation annuel, ce dernier est reparti à la hausse en 2014. En 2018, il a atteint son plus haut niveau par rapport aux 10 dernières années (BBC News, 2018, 24 novembre). Jair Bolsonaro, élu à la présidence de la république brésilienne « a fait de l'agro-business, une priorité face à l'écologie » (Sacleux, 2018). L'exploitation minière et agricole en Amazonie est en hausse, tout comme les abattages d'arbres illégaux. L'agriculture ainsi que l'élevage demeurent les principales causes de déforestation en Amazonie (Seymour et Harris, 2019). Le Brésil est également devenu le premier exportateur de soja en 2018, devant les États-Unis. La guerre commerciale entre les États-Unis et la Chine a tourné le géant asiatique vers le marché brésilien et aujourd'hui, près de 80 % du soja brésilien est exporté vers la Chine (Spring, 2018). Les pâturages occupent une large place dans les terres déboisées d'Amazonie et le Brésil est le premier exportateur de viande de bœuf au monde dont son principal marché est encore la Chine.

L'appétit mondial pour le bœuf et le soja brésiliens n'est pas en baisse et le manque de politiques environnementales au Brésil ne dévoile pas de perspectives réjouissantes quant à l'état de santé de l'Amazonie. Le phénomène des échouages de sargasses qui se produit dans les Caraïbes est une conséquence indirecte de la déforestation en Amazonie. Il révèle les impacts potentiels de notre mode de consommation et alerte sur les retombées environnementales possibles de la déforestation à l'échelle internationale.

De plus, les sargasses fleurissent dans la NERR dont la dynamique des courants est fortement influencée par l'emplacement et l'intensité de la zone de convergence intertropicale atmosphérique (Johnson et al., 2013). Cette dernière est modulée par les oscillations climatiques à l'échelle mondiale, dont les changements climatiques et l'augmentation des températures pourraient avoir exacerbé le phénomène.

La nature récente du phénomène ne permet pas encore de comprendre toute sa complexité, mais il est certain que les études à venir vont permettre de préciser l'implication des changements climatiques dans les échouages de sargasses.

### **5.2.2 Les limites du mode de gestion actuelle**

Les différentes mesures de gestion décrites dans le chapitre 2 montrent que la problématique des sargasses est prise en considération par les pouvoirs publics et que ces derniers agissent afin de réduire les nuisances qui en résultent. Néanmoins, un certain nombre d'actions et de mesures annoncées par le gouvernement en 2018 sont encore en attente d'application. Afin d'obtenir l'avis de la population, en particulier des citoyens durement touchés par les échouages de sargasses, deux collectifs antisargasses ont été contactés : le collectif de Marie-Galante en Guadeloupe et le collectif SOS sargasses en Martinique. Un questionnaire leur fut envoyé afin d'obtenir des réponses concernant certains aspects de la situation actuelle (Annexes 2 et 3). Leur témoignage a permis de faire ressortir plusieurs points majeurs de dysfonctionnement.

L'objectif principal de ramasser les sargasses échouées en moins de 48 heures, eu égard aux risques sanitaires engendrés, n'est pas toujours respecté. Pour la commune de Marie-Galante, le délai est en moyenne de 7 à 10 jours, ce qui est largement au-dessus du temps initialement prévu par les pouvoirs publics. En Martinique, le ramassage se fait dans les délais annoncés uniquement dans les zones à forte concentration (à proximité des centres-villes), tandis que les baies plus excentrées sont assez délaissées. Les effets sanitaires se font largement ressentir, car le nombre de plaintes et de visites chez les médecins est en augmentation dans les deux îles (Lamy, 2019, 7 novembre). Les impacts d'une exposition chronique aux émanations de sargasses en décomposition restent encore mal compris par les scientifiques et les médecins. En octobre 2019, l'ARS a annoncé un projet d'étude sur le sujet porté par le Centre Hospitalier Universitaire de Martinique. Il aura tout de même fallu attendre près de 8 ans pour que des mesures de recherche soient enclenchées par l'ARS en présence d'une situation sanitaire devenue problématique. Cette étude est la première du genre dans les Antilles françaises et jusqu'à présent, les médecins prônent le principe de précaution en l'absence d'informations solides sur les effets à long terme d'une exposition chronique.

Plusieurs collectifs citoyens ont vu le jour en Martinique et en Guadeloupe, preuve que les habitants des communes durement touchés sont excédés et se mobilisent pour faire pression et exprimer leur



mécontentement. La parole leur est malheureusement peu donnée dans les médias (journaux, radio, télévision) et ces collectifs utilisent largement les médias sociaux pour communiquer. Ce manque de visibilité ne permet pas à la population de se faire entendre, tandis que les collectifs se plaignent du manque d'écoute de la part des pouvoirs publics. Le manque de communication est un des points majeurs de mécontentement de ces collectifs. De plus, les citoyens ne semblent pas suffisamment informés des enjeux sanitaires associés aux échouages de sargasses. Le reportage d'une journaliste locale en Martinique (Couturier, 2018) révèle le manque d'informations transmises à la population exposée aux émanations de H<sub>2</sub>S. En Martinique, les relevés quotidiens de H<sub>2</sub>S ne sont disponibles que sur le site internet de l'ARS et de Madininair. L'absence de bulletins spéciaux dans les médias ne permet pas à l'ensemble de la population d'être informé des risques sanitaires et des recommandations associées. Les riverains n'ont jamais reçu de visite à domicile afin d'être informés de la situation. Le reportage révèle ainsi de sérieuses lacunes quant à la communication des risques sanitaires et s'interroge sur ce « désintérêt » des pouvoirs publics envers la problématique des échouages de sargasses. Le collectif antisargasses de Martinique révélait par ailleurs le manque d'affichage de mise en garde sur les plages publiques largement recouvertes de sargasses.

Les collectifs antisargasses évoquent un manque d'action de la part des communes qui sont dépassées par la situation. Le personnel n'est pas formé à la gestion d'une problématique sanitaire telle que les échouages de sargasses. Le manque de connaissances sur le sujet induit inévitablement un manque d'actions concrètes et adaptées. Il faudrait peut-être envisager de former les élus municipaux et le personnel sur la problématique des sargasses par des ateliers. Une meilleure connaissance du sujet sur le plan scientifique, social et technique pourrait permettre aux décideurs et aux acteurs de mieux agir. Enfin, les communes pourraient se regrouper pour échanger sur le sujet et partager de l'information pertinente sur la problématique des échouages de sargasses en vue d'entreprendre des actions conjointes.

Les communes impactées par les échouages de sargasses sont relativement petites et ne peuvent assurer seules la planification et l'organisation du ramassage. Le collectif de Marie-Galante fait part d'une situation très complexe pour sa commune qui ne peut pas assurer financièrement le coût de la collecte. Selon leurs dires, les communes ne parviennent pas à engager les sommes requises pour assurer le nettoyage des plages et des baies. Tandis que le gouvernement français assure publiquement que les coûts de ramassage sont à leurs frais, il semblerait que ce ne soit pas toujours le cas dans la réalité.

La multiplicité des acteurs et des compétences induit un manque d'actions coordonnées. Par exemple, le ramassage des sargasses dans les ports est de la responsabilité de la DEAL, tandis que dans le reste de la commune, le maire en est responsable. Cette séparation de compétences sur un même territoire peut engendrer des actions de différentes ampleurs et peut compliquer la communication entre les acteurs. Les collectifs se plaignent du manque d'action des communes, mais s'accordent sur le fait que ces derniers manquent de budget pour remplir leur rôle. Source de nombreuses protestations, le manque de budget paralyse les collectivités locales dans leurs actions. Les promesses faites en 2018, à savoir la création d'un plan de financement de 8 à 10 millions d'euros sur trois ans, ne sont pas revenues à l'ordre du jour depuis. La venue du premier ministre Édouard Philippe en octobre 2019 lors de la conférence internationale sur les sargasses n'a pas apporté d'informations supplémentaires. Édouard Philippe a promis « que l'accompagnement de l'État se poursuivrait dans la durée » sans apporter de précisions particulières sur les actions à venir et les mesures du gouvernement (Cupit et Samyde, 2019, 28 octobre). Aucune information n'a été donnée sur la reconduite du soutien financier de l'État. Alors que les communes sont laissées à elles-mêmes pour faire face aux échouages de sargasses, les promesses de financement et la livraison d'équipement de collecte se font attendre, comme le rapporte le collectif de Marie-Galante.

La conférence internationale qui a eu lieu en octobre 2019 en Guadeloupe « a permis de jeter les bases d'une coopération internationale pour endiguer le phénomène des algues brunes (les sargasses) » (Europe 1, 2019, 27 octobre). La France se positionne comme chef de file dans la recherche ainsi que la coopération régionale et marque sa volonté de coopérer avec les pays et territoires concernés, renforçant la lutte conjointe contre les échouages de sargasses. Un programme caribéen, une plateforme d'information et un centre d'alerte ont été mis sur pied (Europe 1, 2019, 27 octobre). Néanmoins, l'issue de la conférence n'a pas donné lieu à de grandes annonces.

Le mécontentement des citoyens est grandissant et traduit un profond manque de reconnaissance de la part de l'État. Le sentiment d'être délaissé et peu écouté se retrouve dans les témoignages de nombreux citoyens qui souhaiteraient des actions plus marquées et adaptées à la réalité de la situation. La communication à la population demeure largement insuffisante et beaucoup de gens de milieux modestes n'ont pas conscience des dangers sanitaires quotidiens auxquels ils peuvent être exposés, selon les dires des différents collectifs. Les citoyens ne sont pas suffisamment informés et protégés malgré les mesures du gouvernement français annoncées dans le plan national et les actions des acteurs locaux. Alors que la ligne de conduite actuelle vise le ramassage rapide des sargasses pour éviter une exposition aux

émanations de H<sub>2</sub>S, on ne peut que constater que ces mesures sont insuffisantes et que de nouvelles pistes de réflexion sont à envisager.

### **5.2.3 De nouvelles solutions à envisager**

Face à la pression des sargasses et aux conséquences de ces dernières, des actions concrètes, et surtout efficaces, sont plus que jamais nécessaires. Les sargasses sont un véritable fléau qui empoisonnent et défigurent les littoraux. Les populations riveraines ont vu leur qualité de vie se dégrader par ces algues venues du large dont la décomposition induit une forte gêne, mais aussi un stress majeur. Absent des rapports gouvernementaux, le stress que subissent les riverains devrait être largement plus considéré par les pouvoirs publics. L'aspect touristique est largement abordé dans la presse internationale, où les sargasses « envahissent les plages préférées des vacanciers » (Blanchette-Pelletier, 2018, 12 août) au détriment de l'impact quotidien des sargasses sur les populations locales. Sans les considérer comme inefficaces, les mesures actuelles ne semblent pas suffisantes, car les délais de ramassage ne sont pas toujours respectés. On observe une vraie différence d'efficacité entre les mesures annoncées sur le papier et ce qui se fait en réalité. Les sargasses sont bien plus qu'un risque — dont la définition est un danger éventuel — (Office québécois de la langue française, 2005), car les effets néfastes sont inévitablement ressentis par la population. On se trouve actuellement dans une situation dite de danger, au caractère inéluctable et dont les mesures d'atténuation à la source ne sont pas possibles.

Dans un contexte de plus en plus perturbant pour les riverains et en présence d'impacts préjudiciables sur leur santé, il apparaît nécessaire de se questionner quant à l'angle de lutte contre les sargasses et de proposer de nouvelles solutions. Actuellement, l'adaptation aux changements climatiques demeure l'un des enjeux majeurs de notre siècle. Les bouleversements climatiques sont porteurs de nombreux effets négatifs et concernent toutes les régions du monde. L'adaptation doit permettre de protéger l'environnement naturel et bâti tout en réduisant la vulnérabilité des populations actuelles, mais aussi futures (Gouvernement du Québec, 2012). Le dernier rapport du GIEC publié en août 2019 « met en lumière les bénéfices d'une adaptation ambitieuse et efficace au profit du développement durable et, à l'inverse, les coûts et les risques toujours plus élevés liés à l'inaction » (Intergovernmental panel on climate change [IPCC], 2019). Dans le cadre de la problématique des sargasses, les objectifs gouvernementaux évoquent « la lutte aux sargasses » laissant croire qu'il est possible de combattre cette invasion d'algues et d'y mettre fin. Bien que l'adaptation soit souvent associée à la résilience, elle traduit

également des actions proactives et anticipatives à mettre en place en amont afin d'éviter les effets négatifs. (Vivre en ville, s. d.)

En vue de protéger la population locale des impacts sanitaires des sargasses en décomposition, le déplacement des personnes les plus impactées devrait être envisagé. Des études d'impacts ciblées dans les communes les plus touchées, prenant en compte différents paramètres comme la proximité aux lieux en décomposition et la morphologie des baies pour lesquelles le ramassage est difficile, permettraient de définir les zones les plus sensibles et de prioriser les terrains à racheter. Ensuite, il est important que ces terrains soient régis par un règlement municipal afin d'y limiter, voire d'y interdire le développement en bord de mer. Ces terrains vacants pourraient également servir de zones écologiques tampons en vue de protéger le reste de la population. Pour ce qui est du financement, l'État français investit des millions chaque année et devra très certainement investir encore des sommes importantes dans les prochaines années tant et aussi longtemps que la Martinique et la Guadeloupe subiront ces échouages de sargasses. Une partie du budget alloué à la gestion des échouages de sargasses pourrait permettre le rachat de ces terrains. Cet investissement serait ainsi une mesure de précaution forte, dans la mesure où les échouages de sargasses sont devenus la nouvelle norme, et permettrait de protéger les populations actuelles, mais aussi futures. On observe déjà des déplacements de population volontaires dans les communes les plus touchées (voir annexe 4). Pour rappel, à partir de 1 ppm, l'ARS recommande à la population de se tenir éloignée des zones de décomposition d'échouage (Annexe 2) et les mesures journalières ont dépassé de très nombreuses fois le seuil de 1 ppm dans les communes qui subissent des échouages de sargasses (Madininair, 2016).

Ces mesures sont complexes, coûteuses et nécessiteraient des décisions difficiles à faire accepter et à appliquer. La population se montrera probablement réfractaire à l'idée d'abandonner leur terrain même en cas de relogement. Néanmoins, la population doit réaliser la gravité de la situation et l'impossibilité de résoudre définitivement le problème par quelques mesures locales que ce soit. En ce sens, il s'agit d'entreprendre des actions ambitieuses qui traduisent un engagement fort des acteurs engagés à protéger définitivement la population la plus exposée aux échouages de sargasses. De nombreux exemples de relocalisation, rachats de terrains et déplacements de populations face aux changements climatiques et aux événements climatiques extrêmes existent déjà dans le monde. Bien que la problématique soit différente, la hausse du niveau marin menace différents territoires, villes et pays dans le monde, que ce soit les îles Tuvalu, Venise ou les Pays-Bas (Gemene, 2010). Les Pays-Bas ont ainsi pris la décision de

laisser la nature reprendre ses droits sur les terres autrefois poldérisés (étendue artificielle de terre gagnée sur l'eau) et de renoncer à occuper et exploiter ces terres. Il s'agit là d'une forme d'adaptation aux changements climatiques dont l'acceptation sociale demeure un pilier majeur de ces choix d'interventions devenues une nécessité face aux bouleversements environnementaux. (Goeldner-Gianella, 2007, 2010)

Finalement, les États des Caraïbes sont déjà fortement touchés par les changements climatiques et font face à une modification de leur écosystème (Lewsey, Cid et Kruse, 2004). Cette vulnérabilité, accrue par leur petite taille, menace leurs écosystèmes, leur économie et des effets significatifs sur l'agriculture, le tourisme ainsi que la santé humaine sont attendus (Bouchard et al., 2011). La hausse du niveau marin, la salinisation des terres, les phénomènes météorologiques extrêmes et les invasions biologiques font déjà partie des principales menaces auxquelles ces États font face (Lewsey et al., 2004; Tassin, 2011). Sous l'effet de ces pressions, les États insulaires subissent des déplacements de populations, car ces derniers voient leur qualité de vie se détériorer (Cournil et Gemenne, 2011). De plus en plus nombreux, ces « réfugiés climatiques » sont souvent le symbole de l'injustice des changements climatiques (Gemenne, 2010). Les échouages de sargasses viennent donc s'ajouter à la liste des pressions subies par les populations de Guadeloupe et de Martinique, déjà fortement impactées par les changements climatiques et qui doivent faire face à de nouvelles perturbations. Si les échouages de sargasses perdurent, comme tout semble l'indiquer, alors il faut s'attendre à des déplacements massifs de population. Pour réduire leur vulnérabilité et augmenter leur qualité de vie, c'est-à-dire s'adapter, ces populations rentreraient ainsi dans la définition de réfugiés climatiques.

## CONCLUSION

Les échouages massifs de sargasses sur les littoraux de Martinique et de Guadeloupe depuis 2011 se sont accompagnés d'impacts négatifs et de perturbations majeures pour les populations locales. Plusieurs études se sont penchées sur ce phénomène régional et ont permis de dresser le portrait de ces échouages. Ce phénomène jusque-là inédit dans la région des Caraïbes semble être causé par une combinaison de facteurs anthropiques et naturels dont le degré d'implication de chacun d'eux reste encore à préciser. Tandis que le phénomène se répète dorénavant pratiquement chaque année, les autorités publiques ont été contraintes de mettre en place des mesures de gestion en vue de faire face à ce fléau aux répercussions majeures. Néanmoins, le caractère irrégulier des échouages complexifie l'organisation des moyens à l'échelle locale et nationale.

L'objectif principal de cet essai consistait donc à analyser de façon critique la gestion du phénomène d'échouage de sargasses en Martinique et en Guadeloupe et à émettre des recommandations. Les trois premiers chapitres ont d'abord révélé les causes et les conséquences de ces échouages afin de comprendre l'ampleur du phénomène. Les différentes mesures mises en place par l'État français en Martinique et en Guadeloupe ont ensuite été mises en lumière dans le chapitre quatre. Le plan national de lutte contre les échouages de sargasses demeure le principal outil de planification et d'action. L'engagement ainsi que le soutien du gouvernement y sont présentés et l'organisation des moyens locaux est détaillée afin d'anticiper les échouages, de fournir aux acteurs des éléments de prévisions et de suivi, mais aussi de prévoir les moyens opérationnels. Parallèlement, les plans départementaux, dont à ce jour seule la Guadeloupe s'est dotée, sont de puissants outils d'intervention qui détaillent les moyens mis en œuvre localement et définissent les procédures de gestion propres à la configuration de chaque île. Les grandes étapes de gestion sont ainsi décrites dans ce même chapitre et déclinent les acteurs engagés dans les différents processus de gestion. Les enjeux de santé publique liés à la crise des échouages de sargasses demeurent au cœur des objectifs de gestion élaborés par le plan national de lutte contre les sargasses. Les actions de surveillance, de ramassage et de stockage visent à empêcher les émissions de  $H_2S$  dont les impacts d'une exposition chronique sur la population restent encore à préciser. Cette analyse critique a donné lieu à des recommandations quant au mode de gestion privilégié par les collectivités au niveau local, mais aussi national, présentées au chapitre 5. La gravité de la situation doit être prise en considération et s'accompagner d'outils de planification plus précis et plus adaptés à la problématique. Ils doivent être améliorés pour inclure davantage d'éléments de gestion et parfaire l'organisation actuelle

des moyens. De plus, une nouvelle approche budgétaire est nécessaire pour assurer le financement des opérations dans un contexte d'échouages amenés à se répéter vraisemblablement chaque année.

Finalement une approche novatrice sur la question des perturbations environnementales est proposée dans le chapitre cinq. Tandis que l'humain tente désespérément de lutter contre les forces de la nature tout en mesurant les limites de son impact, il apparaît désormais évident que les crises majeures que nous vivons ne peuvent plus être abordées de la même manière. Le principe de précaution, tout comme des idées audacieuses, voire même pionnières, doivent être sérieusement considérés. Les échouages de sargasses sont bien plus qu'une nuisance : Ils représentent une véritable atteinte au quotidien de milliers de personnes qui tentent de faire entendre à l'État la gravité de la situation. L'atteinte à la santé humaine est ici un signal qu'il faut amorcer une réflexion nouvelle en vue de répondre aux besoins de la population. Les échouages de sargasses sont désormais la nouvelle norme et elles vont inlassablement polluer les côtes de Guadeloupe et de Martinique. Alors, comment lutter face à ce phénomène inéluctable? La réponse se trouve peut-être dans la question. Il est illusoire de croire qu'il s'agit d'une lutte à proprement parler, car cela laisse supposer que l'humain peut gagner. Il est temps de réaliser que ces bouleversements climatiques et océaniques qui impactent nos vies ne sont pas contrôlables et que l'adaptation passe peut-être par un déplacement des populations. S'adapter est plus que jamais nécessaire, mais il faut le faire avec clairvoyance, dans un objectif de durabilité.

## RÉFÉRENCES

- Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Énergie (ADEME). (2018). *Suivi-évaluation des opérations de collecte de sargasses* (rapport de synthèse). Repéré à <https://martinique.ademe.fr/sites/default/files/rapport-synthese-sargasses.pdf>
- Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Énergie (ADEME). (2019a). *Panorama des dispositifs techniques pour la collecte et la prévention des échouages des algues sargasses*. Repéré à <https://martinique.ademe.fr/sites/default/files/dispositifs-collecte-sargasses.pdf>
- Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Énergie (ADEME). (2019 b). *Algues sargasses : prévention des échouages et perspectives de valorisation*. Repéré à <https://martinique.ademe.fr/sites/default/files/situation-perspectives-valorisation-sargasses.pdf>
- Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES). (2017). *Expositions aux émanations d'algues sargasses en décomposition aux Antilles et en Guyane* (Rapport d'expertise collective). Repéré à <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2015SA0225Ra.pdf>
- Agence Régionale de Santé (ARS) Guadeloupe. (2019). Relevés relatifs aux sargasses. Repéré à <http://www.guadeloupe.ars.sante.fr/relevés-relatifs-aux-sargasses>
- Association des États de la Caraïbe (AEC). (2012). Commission de la mer des Caraïbes. Repéré à <http://www.acs-aec.org/index.php?q=fr/cmc>
- Azevedo, F. et Kolodziejewski, M. (2019). Fiches thématiques sur l'Union européenne : régions ultrapériphériques (RUP). Repéré à <http://www.europarl.europa.eu/factsheets/fr/sheet/100/regions-ultraperipheriques-rup->
- Baptiste, T., Novundi Environnement et Algopack. (s. d.). *Étude de faisabilité de la mise en place d'une filière de valorisation bioplastique des sargasses*. Repéré à <http://www.guadeloupe.gouv.fr/content/download/8214/60241/file/4%20-%20valorisation%20-%20NOVUNDI.pdf>
- Bataille, H. (2018, 17 avril). *À la recherche de la nouvelle mer des Sargasses*. [Vidéo en ligne]. Repéré à <https://www.youtube.com/watch?v=OfVrhaHchck&t=1027s>
- BBC News. (2018, 24 novembre). Amazon deforestation « worst in 10 years ». *BBC News*. Repéré à <https://www.bbc.com/news/world-latin-america-46327634>
- Belkatyr, S., Coutens, C., Rondeau., N. (s. d). Gyres océaniques. Repéré à <https://www.emse.fr/~bouchardon/enseignement/processus-naturels/up1/web/wiki/MC%20-%20Ocean%20-%20Gyres%20-%20Belkatir%20Coutens%20&%20Rondeau.htm>
- Bezy, J. L., Gourmelon, G., Bessudo, R., Baudin, G., Sontag, H., & Weiss, S. (1999). The ENVISAT medium resolution imaging spectrometer (MERIS). *IEEE 1999 International Geoscience and Remote Sensing Symposium. IGARSS'99 (Cat. No. 99CH36293)*, 2, 1432-1434.



- Bindoff, N. L., Cheung, W. W. L., Kairo, J. G., Arístegui, J., Guinder, V. A., Hallberg, R., ... Whalen, C. (2019). Changing Ocean, Marine Ecosystems, and Dependent Communities. Dans IPCC (dir.), *Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* (p. 456-587). Repéré à [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/09\\_SROCC\\_Ch05\\_FINAL-1.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/09_SROCC_Ch05_FINAL-1.pdf)
- Bischof, B., Rowe, E., Mariano, A. J. et Ryan, E. H. (2004). The North Equatorial Current. Repéré à <https://oceancurrents.rsmas.miami.edu/atlantic/north-equatorial.html>
- Blanchette-Pelletier, D. (2018, 12 août). Pourquoi des algues envahissent-elles les plages préférées des vacanciers ? *Radio-Canada*. Repéré à <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1117305/algues-sargasses-maree-rouge-plages-floride-mexique-caraibes>
- Bold, A. (2015). *Commission de la mer des Caraïbes : défis, dialogue et coopération vers le développement durable de la mer des Caraïbes*. Repéré à <http://www.acs-aec.org/sites/default/files/fr.pdf>
- Bossy, D. (2013, 30 mars). Une marée rouge décime les lamantins de Floride. *Futura Sciences*. Repéré à <https://www.futura-sciences.com/planete/actualites/oceanographie-maree-rouge-decime-lamantins-floride-45549/>
- Bouchard, C., Marrou, L., Plante, S., Payet, R. et Duchemin, E. (2011). Les petits États et territoires insulaires face aux changements climatiques : vulnérabilité, adaptation et développement. *VertigO – la revue électronique en sciences de l'environnement*, 10(3).
- Centre d'Activités Régional pour le protocole relatif aux zones et à la vie sauvage Spécialement Protégées de la Grande Région Caraïbe (CAR-SPAW). (2012). CAR-SPAW : vocations et missions. Repéré à [http://www.car-spaw-rac.org/IMG/pdf/car\\_spaw\\_leaflet\\_fr.pdf](http://www.car-spaw-rac.org/IMG/pdf/car_spaw_leaflet_fr.pdf)
- Conseil Régional de Guadeloupe. (2019). Conférence internationale sur les sargasses, 2019 Guadeloupe. Repéré à <https://www.sargassum2019.com>
- Cournil, C. et Gemenne, F. (2011). Les populations insulaires face au changement climatique : des migrations à anticiper. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 10(3).
- Couturier, K. (2018, 8 juillet). *Sargasses : l'invasion Barbare (ep. 1)* [Vidéo en ligne]. Repéré à <https://www.youtube.com/watch?v=NGI9O7YZEI8>
- Cupit, C. et Samyde, J.-C. (2019, 28 octobre). Sargasses : que doit-on retenir de la conférence internationale en Guadeloupe ? *Martinique 1ère*. Repéré à <https://la1ere.francetvinfo.fr/martinique/sargasses-que-doit-on-retenir-conference-internationale-guadeloupe-765433.html>
- Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DEAL) Guadeloupe. (2014). *Notes Sargasses*. Repéré à <http://www.ifrecor.com/documents/2014-note-sargasses-fmazeas-deal-unite-biodiversite-marine-maj-5fev2015.pdf>

- Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DEAL) Guadeloupe. (2019a). Actualités SARGASSES. Repéré à <http://www.guadeloupe.developpement-durable.gouv.fr/actualites-sargasses-r989.html>
- Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DEAL) Guadeloupe. (2019 b). Évaluation des méthodes de collecte des sargasses. Repéré à <http://www.guadeloupe.developpement-durable.gouv.fr/evaluation-des-methodes-de-collecte-des-sargasses-r1084.html>
- Desmarquis, M. (2018). Conséquences des algues sargasses sur les écosystèmes. Repéré à <https://www.martinique2030.com/non-classe/consequences-des-algues-sargasses-sur-les-ecosystemesmaur>
- Direction de la défense et de la sécurité civile. (s. d.). *Plan communal de sauvegarde : guide pratique d'élaboration*. Repéré à <https://www.interieur.gouv.fr/content/download/73159/535169/file/guide%20PCS.pdf>
- Direction de l'information légale et administrative. (2018). La France des outre-mer : des statuts différenciés. Repéré à <https://www.vie-publique.fr/politiques-publiques/rub2056/rub2058/>
- Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt de Bretagne. (2010). *Plan de lutte contre les algues vertes*. Repéré à [http://draaf.bretagne.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Plan\\_de\\_lutte\\_contre\\_les\\_algues\\_vertes\\_cle8acd68.pdf](http://draaf.bretagne.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Plan_de_lutte_contre_les_algues_vertes_cle8acd68.pdf)
- Djakouré, S., Araujo, M., Hounsou-Gbo, A., Noriega, C. et Bourlès, B. (2017). On the potential causes of the recent Pelagic Sargassum blooms events in the tropical North Atlantic Ocean. *Biogeosciences Discussions*, 1-20.
- European space Agency (ESA), s.d. Le capteur MERIS et le projet Globcover. Repéré à [https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace\\_Global\\_FR/SEM3DIQWJ1H\\_0.html](https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_Global_FR/SEM3DIQWJ1H_0.html)
- ESA. (2019). Monitoring sargassum drift with Sentinel-3 and MODIS. Repéré à <https://eo4society.esa.int/2019/04/16/mitigating-sargassum-rafts-impact-with-sentinel-3/>
- Europe 1. (2019, 27 octobre). Sargasses : un programme international officiellement créé. *Europe 1*. Repéré à <https://www.europe1.fr/societe/sargasses-un-programme-international-officiellement-cree-3927730>
- Frazier, J. (2014). *Advanced prediction of the intra-Americas Sargassum season through analysis of the Sargassum loop system using remote sensing technology*. (Thèse de doctorat). Université du Texas, College Station, TX.
- Gemenne, F. (2010). Tuvalu, un laboratoire du changement climatique ? *Revue Tiers Monde*, 204(4), 89-107.
- Goeldner-Gianella, L. (2007). Dépolderiser en Europe occidentale. *Annales de géographie*, 656(4), 339.

- Goeldner-Gianella, L. (2010). Changement climatique et dépollérisation : le rôle des acteurs et le poids des représentations sociales sur les côtes d'Europe atlantique. *Quaderni. Communication, technologies, pouvoir*, (71), 41-60.
- Gouvernement du Québec. (2012). *Le Québec en action vert 2020: stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques 2013-2020*. Repéré à <http://public.ebookcentral.proquest.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=3286162>
- Gouvernement français. (2019). Dispositif ORSEC. Repéré à <https://www.gouvernement.fr/risques/dispositif-orsec>
- Gower, J., Hu, C., Borstad, G. et King, S. (2006). Ocean Color Satellites Show Extensive Lines of Floating Sargassum in the Gulf of Mexico. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 44(12), 3619-3625.
- Gower, J. F. R. et King, S. A. (2011). Distribution of floating Sargassum in the Gulf of Mexico and the Atlantic Ocean mapped using MERIS. *International Journal of Remote Sensing*, 32(7), 1917-1929.
- Gower, J., Young, E. et King, S. (2013). Satellite images suggest a new Sargassum source region in 2011. *Remote Sensing Letters*, 4(8), 764-773.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). (2014). *Changements climatiques : incidence, adaptation et vulnérabilité*. (Résumé à l'intention des décideurs). Repéré à [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5\\_wgII\\_spm\\_fr-2.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wgII_spm_fr-2.pdf)
- Guimberteau, M., Ciais, P., Ducharne, A., Boisier, J. P., Aguiar, A. P. D., Biemans, H., ... & Poveda, G. (2017). Impacts of future deforestation and climate change on the hydrology of the Amazon Basin: a multi-model analysis with a new set of land-cover change scenarios. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 21, 1455-1475
- Gwad'air. (2016). Sargasses : cartographie des émanations en H2S et NH3 sur 24 h. Repéré à <http://www.gwadair.fr/publications/actualites-gwad-air/252-echouage-de-sargasses-cartographie-des-emanations-en-h2s-et-nh3-sur-24h>
- Haut conseil de la santé publique. (2018). *Avis relatif à la définition de mesures de gestion concernant l'exposition des populations antillaises à de l'ammoniac (NH3) et du sulfure d'hydrogène (H2S) issus de la décomposition d'algues Sargasses*. Repéré à <https://www.guadeloupe.ademe.fr/sites/default/files/avis-sargassess-haut-conseil-sante-publique.pdf>
- Hu, C. (2009). A novel ocean color index to detect floating algae in the global oceans. *Remote Sensing of Environment*, 113(10), 2118-212.
- Impact Mer. (2011). *Échouage de sargasses pélagiques sur les côtes martiniquaises et impact sur les écosystèmes littoraux : poissons associés à la sargasse et impact sur les mangroves et herbiers*. (Rapport pour la DEAL Martinique). Repéré à <http://www.tortuesmarinesguadeloupe.org/wp->

- content/uploads/2018/06/impact\_des\_sargasses\_pelagiques\_sur\_les\_mangroves\_herbiers\_et\_s  
tocks\_de\_poissons\_en\_martinique\_en\_2011\_impact\_mer\_2011.pdf
- Institut Français de la Mer. (2016). *Les algues sargasses : fléau ou opportunité*. Repéré à  
[http://www.ifmer.org/assets/documents/files/documents\\_ifm/Les-algues-sargasses.pdf](http://www.ifmer.org/assets/documents/files/documents_ifm/Les-algues-sargasses.pdf)
- Institut national de la recherche scientifique (INRS). (2014). *Fiche toxicologique n° 32 : sulfure  
d'hydrogène*. Repéré à file:///C:/Users/deml2111/Downloads/FicheTox\_32.pdf
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2019). *Climate Change and Land: An IPCC Special  
Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food  
security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystem* (Rapport technique). Repéré à  
[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/4.-SPM\\_Approved\\_Microsite\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/4.-SPM_Approved_Microsite_FINAL.pdf)
- Johns, E. M., Muhling, B. A., Perez, R. C., Müller-Karger, F. E., Melo, N., Smith, R. H., ... Malca, E. (2014).  
Amazon River water in the northeastern Caribbean Sea and its effect on larval reef fish  
assemblages during April 2009. *Fisheries Oceanography*, 23(6), 472-494.
- Johnson, D. R., Ko, D. S., Franks, J. S., Moreno, P., & Sanchez-Rubio, G. (2013). The Sargassum invasion of  
the Eastern Caribbean and dynamics of the Equatorial North Atlantic. *Proceed 65th GCFI*, 102-  
103.
- Lamy, R. (2019, 7 novembre). Sargasses : des conséquences sur la santé à long terme, mais lesquelles ?  
*France-Antilles Martinique*. Repéré à  
[https://www.martinique.franceantilles.fr/actualite/sante/sargasses-des-consequences-sur-la-  
sante-a-long-terme-mais-lesquelles-543066.php](https://www.martinique.franceantilles.fr/actualite/sante/sargasses-des-consequences-sur-la-sante-a-long-terme-mais-lesquelles-543066.php)
- Lapointe, B. E. (1986). Phosphorus-limited photosynthesis and growth of *Sargassum natans* and  
*Sargassum fluitans* (Phaeophyceae) in the western North Atlantic. *Deep Sea Research Part A.  
Oceanographic Research Papers*, 33(3), 391-399.
- Lapointe, B. E. (1995). A comparison of nutrient-limited productivity in *Sargassum natans* from neritic vs.  
oceanic waters of the western North Atlantic Ocean. *Limnology and Oceanography*, 40(3),  
625-633.
- Le Point. (2019, 4 juillet). La Bretagne face au spectre des algues vertes. *Le Point*. Repéré à  
[https://www.lepoint.fr/environnement/la-bretagne-face-au-spectre-des-algues-vertes-04-07-  
2019-2322797\\_1927.php](https://www.lepoint.fr/environnement/la-bretagne-face-au-spectre-des-algues-vertes-04-07-2019-2322797_1927.php)
- Lewsey, C., Cid, G. et Kruse, E. (2004). Assessing climate change impacts on coastal infrastructure in the  
Eastern Caribbean. *Marine Policy*, 28(5), 393-409.
- Littler, D.S. et M.M. Littler. (2000). *Caribbean reef plants: An identification guide to the reef plants of the  
Caribbean, Bahamas, Florida and Gulf of Mexico*. Washington, DC : Offshore Graphics

- Livori, A. (2018, 26 juillet). Les brigades vertes nettoient les plages des algues sargasses. *Martinique 1ère*. Repéré à <https://la1ere.francetvinfo.fr/martinique/brigades-vertes-nettoient-plages-algues-sargasses-611352.html>
- Lucotte, M. et Moingt, M. (2012). Les océans. Dans B. Landry, *Notions de géologie* (4<sup>e</sup> édition, p 463-484). Montréal, Québec, Canada : Modulo.
- Madininair. (2016). Surveillance continue H2S et NH3. Repéré à <http://www.madininair.fr/>
- Maréchal, J.-P., Hu, C., Wang, M., Franks, J. et Johnson, D. (2018). *Prévision des blooms de sargasses dans la région Caraïbe et les Petites Antilles : synthèse du projet PSB-CARIB*. Repéré à [http://www.martinique.gouv.fr/content/download/12876/96166/file/Synthe%CC%80se%20Sargasse%20Pr%C3%A9visions%20PSB-CARIB\\_OMMM\\_2018.pdf](http://www.martinique.gouv.fr/content/download/12876/96166/file/Synthe%CC%80se%20Sargasse%20Pr%C3%A9visions%20PSB-CARIB_OMMM_2018.pdf)
- Marmorino, G. O., Miller, W. D., Smith, G. B. et Bowles, J. H. (2011). Airborne imagery of a disintegrating Sargassum drift line. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 58(3), 316-321.
- Maurer, A. S., De Neef, E. et Stapleton, S. (2015). Sargassum accumulation may spell trouble for nesting sea turtles. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 13(7), 394-395.
- Ministère de l'Intérieur, Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, Ministère des Solidarités et de la Santé, Ministère des Outre-mer, Ministère de l'enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation. (2018). *Plan national de lutte contre les sargasses*. Repéré à [http://www.outre-mer.gouv.fr/sites/default/files/plan\\_national\\_de\\_lutte\\_contre\\_les\\_sargasses\\_20181003\\_0.pdf](http://www.outre-mer.gouv.fr/sites/default/files/plan_national_de_lutte_contre_les_sargasses_20181003_0.pdf)
- Ministère des Outre-mer, Ministère de l'Environnement, de l'énergie et de la mer et Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la forêt. (2016). *Le phénomène d'échouage d'algues dans les Antilles et en Guyane*. Repéré à [http://cgedd.documentation.developpement-durable.gouv.fr/documents/cgedd/010345-01\\_rapport.pdf](http://cgedd.documentation.developpement-durable.gouv.fr/documents/cgedd/010345-01_rapport.pdf)
- Nova Blue Environnement. (2018). Projet ESA CLS-NBE. Repéré à <http://www.novablue-environnement.org/sargasses/>
- Office québécois de la langue française. (2005). Fiche terminologique : risque. Repéré à [http://www.granddictionnaire.com/ficheOqlf.aspx?Id\\_Fiche=8353503](http://www.granddictionnaire.com/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8353503)
- Organisation des Nation Unies (ONU) Environnement. (2018, Décembre). *Présence de Sargasses dans les Caraïbes - défis, opportunités et situations régionales*. Communication présentée à la huitième réunion du Comité Consultatif scientifique et technique (STAC) du Protocole relatif aux aires et espèces spécialement protégées (SPAW) de la Grande Région Caraïbe, Panama City, Panama. Repéré à [http://www.car-spaw-rac.org/IMG/pdf/unep\\_depi\\_car.wg40.inf.4-report\\_of\\_the\\_spaw\\_regional\\_activity\\_centre.nov2018-fr.pdf](http://www.car-spaw-rac.org/IMG/pdf/unep_depi_car.wg40.inf.4-report_of_the_spaw_regional_activity_centre.nov2018-fr.pdf)
- Organisation des Nations Unies (ONU). (1992). *Action 21 - Chapitre 17*. Repéré à <https://www.un.org/french/ga/special/sids/agenda21/action17.htm>

- Outre-mer 360°. (2016, 16 février). Sargasses : Un préjudice estimé à 5 millions d'euros pour les professionnels en Guadeloupe. *Outre-mer 360°*. Repéré à <http://outremers360.com/economie/sargasses-un-prejudice-estime-a-5-millions-deuros-pour-les-professionnels-en-guadeloupe/>
- Parr, A. E. (1939). Quantitative observations on the pelagic Sargassum vegetation of the western North Atlantic. *Bull. Bingham oceanography*, 6, 1-94.
- Pinel-Fereol, P. (2018, 26 mai). La ville du Robert expérimente un barrage flottant contre les sargasses. *Martinique 1ère*. Repéré à <https://la1ere.francetvinfo.fr/martinique/ville-du-robert-experimente-barrage-flottant-contre-sargasses-593025.html>
- Plateforme Océan et Climat. (2019). *Océan et changements climatiques : les nouveaux défis. Focus sur 5 grands thèmes du Rapport Spécial « Océan et Cryosphère »* (Rapport technique). Repéré à <https://ocean-climate.org/wp-content/uploads/2019/09/fiches-DEF.pdf>
- Préfet de la Guadeloupe. (2018a). *Plan départemental de lutte contre les échouages de sargasses*. Repéré à <https://www.guadeloupe.ademe.fr/sites/default/files/plan-departemental-lutte-echouages-sargasses.pdf>
- Préfet de la Guadeloupe. (2018 b). Sargasses : recommandations sanitaires et mesures de gestion. Repéré à <http://www.guadeloupe.gouv.fr/Politiques-publiques/Risques-naturels-technologiques-et-sanitaires/Dossier-Sargasses/Sargasses-recommandations-sanitaires-et-mesures-de-gestion>
- Préfet de la Guadeloupe, ADEME et Bureau de Recherches Géologiques et Minières. (2019). *Renforcement des outils de prévision des échouages des sargasses : installation d'une caméra autonome* (dossier de presse). Repéré à <http://www.guadeloupe.gouv.fr/content/download/16121/104756/file/DP%20Sargasses%20cam%C3%A9ra.pdf>
- Préfet de la Martinique. (2018). La gestion du phénomène. Repéré à <http://www.martinique.gouv.fr/Politiques-publiques/Environnement-sante-publique/Sargasses/Algues-sargasses-les-reponses-a-vos-questions/La-gestion-du-phenomene>
- République française. (2018). Plan Sargasses : les mesures annoncées par Nicolas Hulot et Annick Girardin. Repéré à <http://www.martinique.gouv.fr/Politiques-publiques/Environnement-sante-publique/Sargasses/Plan-Sargasses-les-mesures-annoncees-par-Nicolas-Hulot-et-Annick-Girardin>
- Réseau Tortues Marine de Guadeloupe. (2018). Sargasses et tortues marines. Repéré à <http://www.tortuesmarinesguadeloupe.org/sargasses-et-tortues-marines/>
- Sacleux, A. (2018). La déforestation de la forêt amazonienne a atteint un pic en 2018. *National Geographic*. Repéré à <https://www.nationalgeographic.fr/environnement/la-deforestation-de-la-foret-amazonienne-atteint-un-pic-en-2018>
- Sacleux, A. (2019, 5 juillet). Marée verte : le retour des algues vertes inquiète la Bretagne. *National*

*Geographic*. Repéré à <https://www.nationalgeographic.fr/environnement/2019/07/maree-verte-le-retour-des-algues-vertes-inquiete-la-bretagne>

Samyde, J.-C. (2018, 30 mai). Algues sargasses : un préjudice estimé à 1,5 million d'euros sur l'économie Martiniquaise. *Martinique 1ère*. Repéré à <https://la1ere.francetvinfo.fr/martinique/algues-sargasses-prejudice-estime-15-million-euros-economie-martiniquaise-594043.html>

Schaub, C. (2019, 30 octobre). Algues sargasses : muer la plaie en aubaine. *Libération*. Repéré à [https://www.liberation.fr/france/2019/10/30/algues-sargasses-muer-la-plaie-en-aubaine\\_1760398](https://www.liberation.fr/france/2019/10/30/algues-sargasses-muer-la-plaie-en-aubaine_1760398)

Schouten, M. W., Matano, R. P., & Strub, T. P. (2005). A description of the seasonal cycle of the equatorial Atlantic from altimeter data. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 52(3), 477-493.

Seymour, F. et Harris, N. L. (2019). Reducing tropical deforestation. *Science*, 365(6455), 756-757.

Smetacek, V. et Zingone, A. (2013). Green and golden seaweed tides on the rise. *Nature*, 504(7478), 84-88.

Sonoma State University. (s. d). Global Climate Change: Images, chapter 2. Repéré à <http://web.sonoma.edu/users/f/freidel/global/372lec2images.htm>

Spring, J. (2018). Brazil exports 80 percent of soy to China in January-August: agriculture ministry. *Reuters*. Repéré à <https://www.reuters.com/article/us-brazil-agriculture-soybeans-idUSKCN1LU2MT>

Tassin, J. (2011). Le réchauffement climatique va-t-il conduire les petites îles à être englouties sous les invasions biologiques ? *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 10(3).

Taylor, W. R. (1972). *Marine algae of the eastern tropical and subtropical coasts of the Americas*. Michigan, MI, Ann Harbor: University of Michigan.

Théophile, D. (2019). *La lutte contre les algues sargasses dans la grande caraïbe : stratégies de prévention et de coopération régionale*. Repéré à <https://fr.calameo.com/read/000886379b7d4e493a7f8>

Thibaut, T. (2017). Pourquoi une nouvelle mer des Sargasses étouffe les Antilles. *The Conversation*. Repéré à <http://theconversation.com/pourquoi-une-nouvelle-mer-des-sargasses-etouffe-les-antilles-84977>

*Traité sur le fonctionnement de l'Union européenne*. 2012 art 349, 355.

Vivre en ville. (s. d.). Adaptation aux changements climatiques. Repéré à <http://collectivitesviables.org/articles/adaptation-aux-changements-climatiques.aspx>

Wang, M. et Hu, C. (2016). Mapping and quantifying Sargassum distribution and coverage in the Central West Atlantic using MODIS observations. *Remote Sensing of Environment*, 183, 350-367.

Wang, M., Hu, C., Barnes, B. B., Mitchum, G., Lapointe, B. et Montoya, J. P. (2019). The great Atlantic Sargassum belt. *Science*, 365(6448), 83-87.

Wikipédia. (2020). Sargasso Sea. Repéré à  
[https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Sargasso\\_Sea&oldid=935924530](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Sargasso_Sea&oldid=935924530)

Winge, Ø. (1923). *The Sargasso Sea its boundaries and vegetation: Report on the danish oceanographic expedition, 1908-1910 to the Mediterranean Sea and adjacent seas*. Copenhagen, Danemark : A.F. Høst & søn



## ANNEXE 1 : ACTEURS ET CHAMPS DE COMPÉTENCES DANS LA PROBLÉMATIQUE DES SARGASSES

ACTEURS	RÔLE	CHAMPS D'ACTION						
		SURVEILLANCE ET ALERTE	ÉQUIPEMENT EN MATÉRIEL	RAMASSAGE ET DISPOSITIF DE COLLECTE	STOCKAGE ET VALORISATION	SUIVI SANITAIRE	AIDE AUX ENTREPRISES	RECHERCHE ET INNOVATION
Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME)	Établissement public à caractère industriel et commercial placé sous la tutelle des ministères de la Transition écologique et solidaire, et de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.	X		X	X			X
Agence Régionale de Santé (ARS)	Organisme chargé d'appliquer la politique de santé sur le territoire					X		
Chambre de commerce et d'industrie (CCI)	Organisme chargé de représenter les intérêts des entreprises commerciales et industrielles						X	
Conseil départemental	Assemblée délibérante d'un département			X				
Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DEAL)	Administration qui représente en Outre-mer le ministère de la Transition Écologique et Solidaire et met en place ses politiques en matière d'environnement, de développement durable et de lutte contre les changements climatiques.	X						
Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt (DAAF)	Service déconcentré du ministère de l'agriculture et de l'alimentation qui met en œuvre la politique nationale au niveau de la région pour l'alimentation, l'agriculture et la forêt				X			
Direction de la mer	Service déconcentré qui est chargé de mettre en application les politiques de l'état en matière de développement durable de la mer			X				
Établissement Public de Coopération intercommunale (EPCI)	Structure administrative qui regroupe plusieurs communes afin d'exercer plusieurs de leurs compétences en commun.		X					

# ANNEXE 1 (SUITE) : ACTEURS ET CHAMPS DE COMPÉTENCES DANS LA PROBLÉMATIQUE DES SARGASSES

ACTEURS	RÔLE	CHAMPS D'ACTION						
		SURVEILLANCE ET ALERTE	ÉQUIPEMENT EN MATÉRIEL	RAMASSAGE ET DISPOSITIF DE COLLECTE	STOCKAGE ET VALORISATION	SUIVI SANITAIRE	AIDE AUX ENTREPRISES	RECHERCHE ET INNOVATION
Gwad'air / Madinair	Établissement public chargé du suivi de la qualité de l'air en Martinique/ Guadeloupe	X						
Haut conseil santé publique	Instance chargée d'apporter une aide à la décision au ministre de la Santé en réalisant des rapports sur la santé en France et en formulant des recommandations.					X		
Holdex	Entreprise de compostage en Martinique				X			
Office Nationale des Forêts	Établissement public chargé de la gestion des forêts publiques				X			
Mairie	Autorité municipale et représentant du pouvoir exécutif au niveau communal	X	X	X				
Météo France	Établissement public ayant en charge les services de météorologie et de climatologie en France	X						
Ministère de la transition écologique et solidaire	Administration chargée de mettre en œuvre les politiques environnementales							X
Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation	Administration chargée de mener la politique française de recherche dans les établissements d'enseignement supérieur et les organismes nationaux de recherche							X
Observatoire marin du milieu Martiniquais	Association scientifique à but non lucratif qui vise à mieux connaître l'écologie des récifs coralliens de la Martinique et suivre leur évolution dans le temps.	X						
Préfet	Dépositaire de l'autorité de l'État dans le département. Il est le représentant direct du Premier ministre et de chaque ministre dans le département.	X						

## ANNEXE 2 : SEUILS H<sub>2</sub>S ET NH<sub>3</sub> : EFFETS SANITAIRES ET MESURES DE GESTION ASSOCIÉES

(Tiré de : Madinainair, 2016)

Interprétation des mesures de H <sub>2</sub> S et recommandations				
Code couleur	H <sub>2</sub> S (24h)	NH <sub>3</sub> (24h)	Interprétation sanitaire	Recommandations à la population
Vert	< 0,03 ppm	< 8,3ppm	Le H <sub>2</sub> S n'a pas été mis en évidence avec les moyens de mesure	
Vert	0,03 à 0,07ppm		Les niveaux de H <sub>2</sub> S relevés peuvent entraîner des gênes olfactives mais il n'est pas attendu d'effet sanitaire	
Jaune	0,07 à 1 ppm		Les niveaux de H <sub>2</sub> S relevés peuvent entraîner des gênes respiratoires chez les personnes sensibles et vulnérables.	La <b>population</b> est invitée à suivre les informations diffusées sur les échouages d'algues et à consulter régulièrement les niveaux de concentrations d'hydrogène sulfuré (H <sub>2</sub> S) et d'ammoniac (NH <sub>3</sub> ) disponibles sur les sites de l'ARS et de Madinainair. Dès la perception d'odeurs, les <b>personnes vulnérables</b> sont invitées à se tenir éloignées des zones de décomposition des algues et à éviter d'être sous le vent des émissions des gaz.
Orange	1 à 5 ppm		L'apparition de symptômes type maux de tête, irritations oculaires, irritations de la gorge est probable dans la population générale. Les personnes sensibles et vulnérables peuvent présenter une gêne et des signes plus importants à ces niveaux	La <b>population</b> est invitée à se tenir éloignée des zones de décomposition des algues. Adressez-vous à votre médecin ou à votre pharmacien si vous présentez les symptômes suivants: les yeux ou la gorge qui piquent, des larmoiements, des maux de tête, une difficulté respiratoire, de la toux, des démangeaisons des vomissements des vertiges. Il est conseillé aux <b>personnes vulnérables</b> de ne pas séjourner sous le vent des émissions de gaz et d'éviter l'exposition aux autres substances irritantes ou allergisantes en air intérieur (fumée du tabac, ....)
Rouge	> 5ppm	> 8,3ppm	L'apparition de symptômes type maux de tête, irritations oculaires, irritations de la gorge est probable au sein de l'ensemble de la population. Les personnes sensibles et vulnérables peuvent présenter une gêne et des signes plus importants à ces niveaux.	Il est conseillé à <b>l'ensemble de la population</b> de se tenir éloigné des zones à risque et de ne pas se placer sous le vent des émissions de gaz. Adressez-vous à votre médecin ou à votre pharmacien si vous présentez les symptômes suivants: les yeux ou la gorge qui piquent, des larmoiements, des maux de tête, une difficulté respiratoire, de la toux, des démangeaisons des vomissements des vertiges. Eventuellement, contactez le Centre 15. Les <b>personnes vulnérables</b> sont invitées à consulter leur médecin pour adapter ces recommandations à leur cas particulier.

**Populations vulnérables :** Femmes enceintes, nourrissons et jeunes enfants, personnes de plus de 65 ans, personnes souffrant de pathologies cardio-vasculaires, insuffisants cardiaques ou respiratoires, personnes asthmatiques.

### **ANNEXE 3 : RÉPONSES DU COLLECTIF SOS SARGASSES – MARTINIQUE**

Date : 9 Décembre 2019

Répondant : Karen Couturier, membre du collectif

**1. Que pensez-vous du plan national de lutte contre les sargasses et du plan départemental ? Les jugez-vous efficaces et adaptés à la situation actuellement ? Quels sont les éléments manquants selon vous ?**

Réponse : Cela fait quelques mois qu'il ne se passe pas grand-chose en Martinique puisque les échouages de sargasses se sont arrêtés pour le moment. Les barrages promis depuis des mois commencent à se préciser notamment pour la baie du Robert : les premiers pans du barrage ont été posés, ce qui est bon signe. Concernant le plan national et le plan départemental, actuellement l'absence de sargasses ne nécessite pas d'actions. Mais tout le monde a peur que le sujet ait été mis de côté en attendant que cela revienne.

**2. Quels sont les principaux problèmes budgétaires selon vous ? Manque d'argent aux communes, aux populations ?**

Réponse : Il est difficile d'y répondre car il y a un manque de transparence. L'État nous donne des chiffres quant à sa participation. Cependant, les mairies et l'État ont du mal à s'entendre entre eux et l'on sent un réel manque de communication et de transparence. Les communes de Martinique sont surendettées et l'État donne de grosses sommes, mais ce serait aux communes d'avancer l'argent. Tout est très complexe et c'est difficile d'y voir clair, mais à priori il n'y pas assez d'argent pour endiguer le phénomène ou si argent il y a, alors il est très mal géré.

**3. Les communes apportent-elles un soutien suffisant aux habitants et aux entreprises ? Si non, sont-elles désemparées par le manque de financement ou pourraient-elles agir davantage, mais ne le font pas ?**

Réponse : On a le sentiment qu'elles sont totalement débordées, que c'est un phénomène que personne ne maîtrise et encore moins le personnel des communes qui n'est pas formé à ça. Chacun essaie de faire au mieux, mais ce n'est pas suffisant. Le ramassage est très dispendieux et nécessite du matériel particulier. Les sargasses sont disposées sur des terrains qui ne sont pas adaptés et cela risque de générer

d'autres problématiques qui naitront d'ici quelques années, quand on s'apercevra que ces endroits sont pollués désormais.

**4. Les citoyens sont-ils suffisamment informés de l'enjeu sanitaire et du danger des sargasses ? Sinon, quelles seraient les mesures à mettre en place selon vous ?**

Réponse : Non clairement les citoyens ne sont pas suffisamment informés de l'enjeu sanitaire. Par exemple, quand les plages sont envahies de sargasses et fermées au public, il y a très peu d'affichage voire aucun. Sur certaines plages très touristiques, les affiches étaient trop petites et il fallait s'approcher très près pour pouvoir lire les mesures de restriction. En ce qui concerne les populations locales, nous (l'ARS ainsi que le collectif) avons pointé du doigt le manque de communication puisque le seul média actuel qui alerte la population en temps réel est internet (niveau de H<sub>2</sub>S mesuré, précautions à prendre, risques encourus). Il n'y a pas de « bulletin météo » de l'air et beaucoup de personnes qui souffrent des sargasses sont issues de milieux modestes (pêcheurs, personnes habitant en bord de mer). Elles n'ont donc pas accès à internet, n'ont pas conscience des dangers et n'ont jamais reçu de visite pour les informer des mesures à connaître. Ce qui est sûr c'est que la communication est la principale préoccupation, le point de faiblesse. Nous avons proposé de faire un partenariat avec des chaînes de télévision et de référencer les personnes très vulnérables aux sargasses (enfants, personnes âgées, personnes malades). Il suffirait d'envoyer des personnes en porte à porte pour cela.

**5. Pensez-vous que la solution ultime serait un déplacement pur et simple des populations exposées et présentes dans les zones à forts échouages ? Il s'agirait de racheter les terrains fortement exposés aux échouages, et donc de reloger ces habitants. Ces zones seraient laissées vacantes et une règlementation municipale viendrait interdire le développement dans ces zones.**

Réponse : Non je ne pense pas, du moins j'espère ne pas devoir en arriver là. Nous croyons beaucoup aux barrages en mer et au ramassage en proche côtier pour éviter que les sargasses ne s'accumulent trop le long des barrages. La solution reste complexe car cela touche de plus en plus d'îles et il faut développer au maximum les filières de revalorisation.

**6. L'objectif de ramassage en 24 à 48 heures est-il respecté ?**

Il est très loin d'être atteint en Martinique et ce car de nombreux endroits impactés par les échouages sont très difficilement accessibles aux engins, aux pelleteuses ou aux camions-bennes. Cela nécessite donc

un ramassage manuel et là il y a un vrai problème de coordination. Dans les endroits très en vues, comme les centres-villes des communes très impactées, les délais de ramassage sont relativement raisonnables. En revanche dans les baies escarpées où il y a un grand nombre d'habitations, le délai annoncé n'est absolument pas respecté. Nous, les citoyens, devons maintenir une pression constante en avertissant sur la présence de gros échouages à tels endroits. Il n'y a pas de mises à jour qui sont faites et l'information circule très mal. Les pouvoirs publics ne sont pas au courant des échouages et si la population n'alerte pas, il ne se passe rien et même quand elle alerte, il ne se passe pas grand-chose non plus.

#### **ANNEXE 4 : RÉPONSES DU COLLECTIF ANTI-SARGASSES DE MARIE GALANTE, GUADELOUPE**

Date : 25 novembre 2019

Répondant : Jérôme Hagege, Président du collectif

**1. Que pensez-vous du plan national de lutte contre les sargasses et du plan départemental ? Les jugez-vous efficaces et adaptés à la situation actuellement ? Quels sont les éléments manquants selon vous ?**

Réponse : Hormis sur le papier, ces plans sont inexistants et dans la réalité rien n'est fait. Le matériel dédié commandé en 2018 n'est toujours pas livré alors que nous sommes presque à la fin de l'année 2019 et surtout, il est inadapté. Il faudrait pour exemple une cribleuse à sable pour le ramassage des plages et ce matériel n'a tout simplement pas été commandé. Toutes ces mesures sont inefficaces parce qu'elles ne sont pas appliquées. L'État a garanti un ramassage dans les 48 heures lors d'échouages de sargasses, le délai réel est en moyenne de 7 jours, voire 10. Ces ramassages ne sont financés que par les communes, l'état refusant de mettre la main à la poche contrairement à ce qu'il dit dans la presse. Ce qu'il manque c'est de l'argent tout simplement, il n'y a aucun budget sargasses dans la loi de finances 2019.

**2. Quels sont les principaux problèmes budgétaires selon vous ? Manque d'argent aux communes, aux populations ?**

Réponse : Le problème c'est qu'une commune de trois-mille habitants ne peut se permettre de dépenser en moyenne 1 million d'euros de ramassage chaque année, sans compter la perte financière dans le secteur touristique. L'association des commerçants de Capesterre de Marie-Galante estime chiffre à l'appui un manque à gagner de 1,1 million d'euros pour 2018. L'État refusant d'allouer un budget aux communes sinistrées, la situation est catastrophique car il n'y a aucun budget pour le traitement de ces algues postramassage. De plus, cela entraine un amoncellement dangereux pour la nappe phréatique.

**3. Les communes apportent-elles un soutien suffisant aux habitants et aux entreprises ? Si non, sont-elles désarmées par le manque de financement ou pourraient-elles agir davantage, mais ne le font pas ?**

Réponse : Les communes n'apportent pas d'aides aux entreprises ou aux citoyens tout simplement parce qu'elles n'en ont pas les moyens. Elles sont asphyxiées par le coût énorme du ramassage, la mairesse de notre commune ne se représente plus aux élections municipales à cause des sargasses, cela l'a épuisée.

**4. Les citoyens sont-ils suffisamment informés de l'enjeu sanitaire et du danger des sargasses ? Sinon, quelles seraient les mesures à mettre en place selon vous ?**

Réponse : Non, tout simplement parce que l'on ne connaît pour l'instant pas les effets à long terme d'une exposition aux sargasses. Ce qui est sûr c'est que cela est néfaste. Une analyse de l'eau sur le site d'épandage des sargasses entreposées à la sortie de la ville a montré que le taux d'arsenic relevé sur place était 338 fois supérieur au seuil normal toléré dans l'eau. La préfecture, qui n'a pas rendu publique cette analyse, mais que nous avons pu nous procurer a conclu qu'il n'y avait rien d'alarmant.

**5. Pensez-vous que la solution ultime serait un déplacement pur et simple des populations exposées et présentes dans les zones à forts échouages ? Ou bien une adaptation à ce phénomène devenu récurrent par un ramassage fréquent des algues ?**

Réponse : Non pour nous il y a plein de solutions simples, mais coûteuses. Pour Capesterre, il suffirait d'allonger la digue du port de 300 mètres et de modifier l'entrée du port actuel. Cela empêcherait l'amoncèlement dans le bourg et il suffirait de mettre un barrage dérivatif à un autre point. Nous n'aurions alors plus qu'à ramasser l'excédent. Cela représente un coût d'environ 1,5 million d'euros, c'est-à-dire à peu près la même somme que la mairie a dépensée en ramassage en 2 ans. Mais alors, pourquoi ne pas le faire ? Parce que le port dépend du département, c'est à lui que reviendrait la dépense et il ne veut pas en entendre parler. Pour le reste, cela dépend de la DEAL qui refuse catégoriquement d'engager ces montants. Sur ces zones la mairie n'a pas autorité et c'est de là que viennent tous nos problèmes.